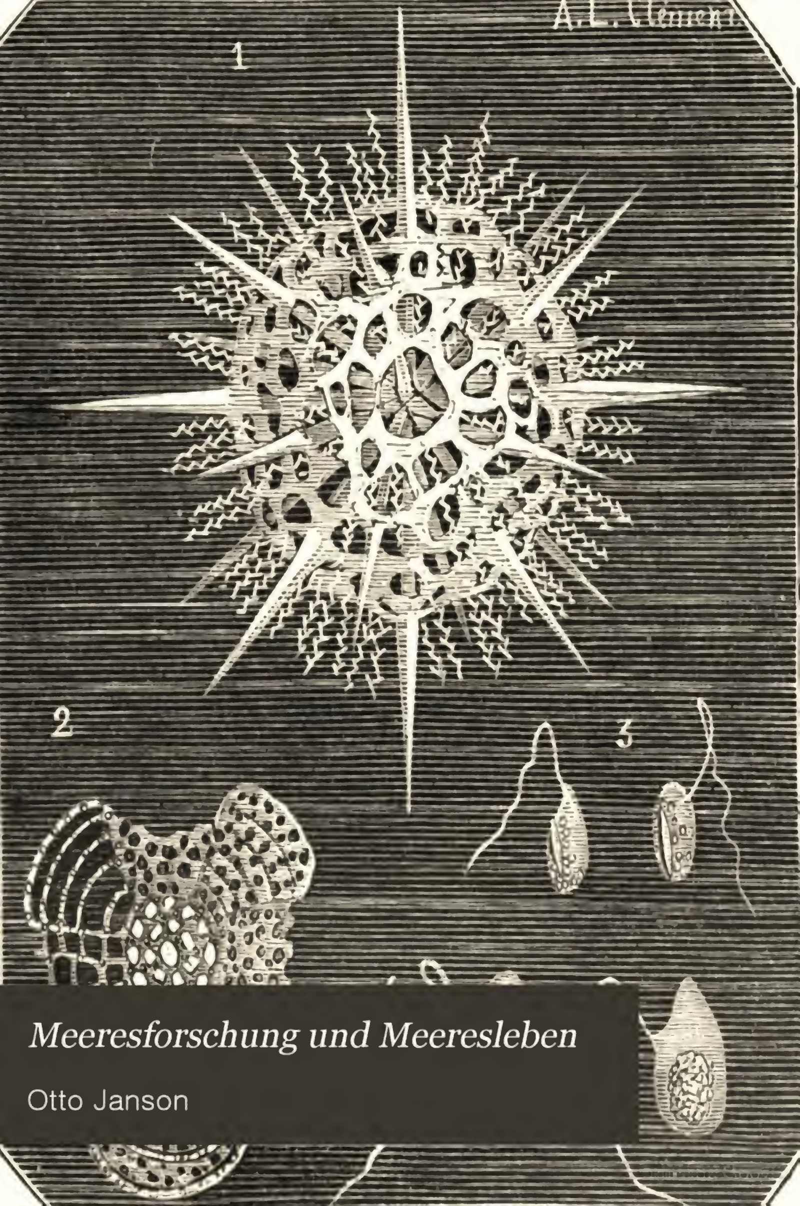


Meeresforschung und Meeresleben

Otto Janson

Aus Natur und Geisteswelt.

Sammlung
...nschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen

...on ... Mark,

Gesc... ...liefert.

Jedes ... käuflich.

Di... ...herstellungs-
kosten leid... ...ringfügigen
Betrag v... ...es bei den
letzten Bä... ...Abbildungen
reicher ge... ...hrer inhalt-
lichen Vor... ...öhen suchen.

Die ... Bedürfnis
nach bi... ...altender
Lektüre ... ...n sich abge-
schlossene... ...n kleinerer
wichtiger... damit eine
Lektüre, ... kann.

Ein... des Stoffes
soll auf ... ...itwirkung
angesehe... So wird
eine Lekt... dauernden
Nutzen ...

Wi... Zweck der
Sammlu... ...ses sorg-
fältigst... ...ung bei-
gegebe... ...eichnung
versehe... ...).

Es ...

Acht Vor... ... Buchner.
Mit ... ℳ 1.25.
Unterrichtet in klarer und überaus fesselnd...
wichtigen Fragen der Hygiene.

**Soziale Bewegungen und Theorien bis zur ...
wegung.** Von G. Maier. Geh. ℳ 1.—, ...
Will auf historischem Wege in die Wirtschaft...
für soziale Fragen wecken und klären.

Bau und Leben des Tieres. Von Dr. W. Haacke. Mit zahlreichen Abbildungen im Text. Geh. *M.* 1.—, geschmackv. geb. *M.* 1.25.

Vermag zu einem besseren Verständnis unserer Umgebung, unserer Freunde in Haus und Hof, in Feld und Wald zu führen.

Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. O. Weise. Reich illustr. Geh. *M.* 1.—, geschmackv. geb. *M.* 1.25.

Verfolgt durch mehr als vier Jahrtausende Schrift-, Brief- und Zeitungswesen, Buchhandel und Bibliotheken.

Palästina und seine Geschichte. Sechs volkstümliche Vorträge von Prof. Dr. von Soden. Mit zwei Karten und einem Plan von Jerusalem. Geh *M.* 1.—, geschmackvoll geb *M.* 1.25.

Ein Bild nicht nur des Landes selbst, sondern auch alles dessen, was aus ihm hervor- oder über es hingegangen ist im Laufe der Jahrhunderte.

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Acht Vorträge aus der Experimental-Chemie. Von Prof. Dr. R. Blochmann. Mit 103 Abbildungen im Text. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Führt unter besonderer Berücksichtigung der alltäglichen Erscheinungen des praktischen Lebens in das Verständnis der chemischen Erscheinungen ein.

Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Prof. Dr. A. Matthaei. Mit zahlr. Abb. i. T. Geh. *M.* 1.—, geschmackv. geb. *M.* 1.25.

Will mit der Darstellung der Entwicklung der deutschen Baukunst des Mittelalters zugleich über das Wesen der Baukunst als Kunst aufklären.

Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Privatdozent Dr. J. W. Bruinier. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Einer der wichtigsten Erscheinungen deutschen Volkslebens gewidmet, nicht zu steifer akademischer Erörterung, sondern zu herzlich warmer Schilderung.

Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrizität. Von Prof. Dr. Richarz. Mit 94 Abbildungen im Text. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Behandelt leicht verständlich, zugleich aber für jeden Fachmann interessant, die neuesten vielbesprochenen Fortschritte auf elektrischem Gebiete.

Unsere wichtigsten Kulturpflanzen. Von Privatdozent Dr. Giesenhagen in München. Mit zahlreichen Abbildungen im Text. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Vermittelt durch die Schilderung der wichtigsten Kultur der Getreidepflanzen zugleich in anschaulicher Form allgemeine botanische Kenntnisse.

Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Dr. Ed. Otto. Mit 27 Abbildungen auf 8 Tafeln. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Eine Darstellung der historischen Entwicklung und der kulturgeschichtlichen Bedeutung des deutschen Handwerks von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart.

Das Theater. Von Privatdozent Dr. Borinski in München. Mit 8 Bildnissen großer dramatischer Dichter. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Läßt bei der Vorführung der dramatischen Gattungen die dramatischen Muster der Völker und Zeiten thunlichst selbst reden.

Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. R. Zander. Mit 19 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Will darüber aufklären, weshalb und unter welchen Umständen die Leibesübungen segensreich wirken, indem es ihr Wesen, andererseits die in Betracht kommenden Organe bespricht.

Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900. Sechs volkstümliche Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung, sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft von Prof. Dr. Walther Lotz. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Erörtert nach einer Geschichte des Eisenbahnwesens insbesondere Tarifwesen, Binnenwasserstraßen und Wirkungen der modernen Verkehrsmittel.

Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Prof. Dr. O. Weise. Mit 26 Abbildungen. Geh. *M.* 1.—, geschmackv. geb. *M.* 1.25.

Schildert, durch eine gute Auswahl von Städte-, Landschafts- und anderen Bildern unterstützt, die Eigenart der deutschen Gaue und Stämme.

Ernährung und Volksnahrungsmittel. Sechs Vorträge gehalten von Prof. Dr. Johannes Frentzel. Mit 6 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Behandelt die Ernährungslehre, den Verdauungsapparat und die Zubereitung der Nahrungsmittel, die einzeln ausführliche Besprechung erfahren.

Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold in München. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Beantwortet die Frage: Giebt es keine bindenden Regeln des menschlichen Handelns? in zuversichtlich bejahender, zugleich wohlbegründeter Weise.

Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Prof. Dr. Karl Eckstein. Mit 31 Abbild. i. T. Geh. *M.* 1.—, geschmackv. geb. *M.* 1.25.

Der hohe wirtschaftliche Bedeutung beanspruchende Kampf erhält eine eingehende, ebenso interessante wie lehrreiche Darstellung.

Am sausenden Webstuhl der Zeit. Übersicht der Wirkungen der Entwicklung der Naturwissenschaften u. der Technik. Von Launhardt, Geh. Reg.-Rat, Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Hannover. Mit vielen Abbild. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Heute, wo wir in den Naturwissenschaften und der Technik einen alle vergangenen Zeiten weit überragenden Standpunkt einnehmen, ist ein Rückblick auf ihre Entwicklung, wie sie das vorliegende Bändchen in geistreichen Ausführungen giebt, gewiß vielen willkommen. Indem er sie den Weltwundern der Alten gegenüberstellt, weiß der Verfasser treffend das Wesen der Wunder unserer Zeit klar zu stellen. Vorbereitet durch naturwissenschaftliche Entdeckungen, die die Sinne verschärfen und vervollkommnen, haben diese Erfindungen unsere Herrschaft über den Raum in ungeahnter Weise ausgebreitet, die modernen Schußwaffen wie die Fernrohre, die Eisenbahnen, die Dampfschiffe und die Luftschiffe. Eine eingehende Darstellung erfährt insbesondere die Entwicklung des Eisenbahnwesens. Im letzten der Vorträge werden die meistens zu entgegengesetzten Erscheinungen führenden Wirkungen der Verkehrsvervollkommnung dargestellt.

Aus Natur und Geisteswelt.
Sammlung
wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens.
30. Bändchen.

Meeresforschung und Meeresleben.

Von

Dr. Otto Janson.

Mit 41 Figuren im Text.

Leipzig,
Druck und Verlag von B. G. Teubner.
1901.

Vorwort.

Die letzten Decennien des vergangenen Jahrhunderts haben die Blicke des deutschen Volkes mehr denn je aufs Meer hinaus gerichtet gesehen. Der wachsende Wohlstand unseres Vaterlandes und seine sich stetig mehrenden maritimen Interessen haben im Verein mit dem erfreulicher Weise sich immer mehr hebenden Gefühl der nationalen Zusammengehörigkeit ihm die Pflichten vor Augen geführt, die das Stammland seinen in weiter Ferne wohnenden Gliedern gegenüber zu erfüllen hat. Die Aufgabe, deutschem Besitz, den Errungenschaften deutscher Thatkraft und Ausdauer eine feste Stütze zu geben, beginnt gerade in der letzten Zeit immer mehr als die Pflicht aller aufgefaßt zu werden, und daher rührt auch das Interesse, das die Weltmeere mit ihren in ihrer Tiefe ruhenden Geheimnissen sich in immer weiteren Volksschichten zu erobern beginnen. Waren früher die Ozeane das größte Hindernis für das Zusammenleben der Völker, so sind sie heute gerade die wichtigsten Vermittler für die Verbreitung von Handel und Verkehr, Kultur und Wissenschaft.

Die hier gegebenen Schilderungen der wichtigsten Erfolge der modernen Meeresforschung sind im allgemeinen aus Vorträgen zusammengestellt, durch die der Verfasser in den letzten Jahren zur Förderung der maritimen Bestrebungen unseres Volkes sein Scherflein beizutragen versucht hat. Der zur Verfügung stehende Raum war eng begrenzt, und die Hauptsorge betraf deshalb eine richtige Auswahl des schon jetzt äußerst umfangreichen Stoffes, der nach der Bearbeitung des von der letzten Deutschen Tiefsee-Expedition (1898/99) mitgebrachten Materials jedenfalls noch bedeutend anwachsen wird. Viele

wichtige Punkte konnten daher auch nur mit einer kurzen Andeutung bedacht werden, und aus demselben Grunde mußten auch die vielen Fragen, deren endgültige Beantwortung späteren Jahrzehnten vorbehalten sein wird, sich mit einem kurzen Hinweis begnügen.

Dem Herrn Verleger spreche ich für die freundliche Bereitwilligkeit, mit der er dem Bändchen die Beigabe zahlreicher erläuternder Abbildungen ermöglicht hat, auch an dieser Stelle meinen Dank aus.

Köln, im Mai 1900.

Der Verfasser.

Inhaltsübersicht.

I. Abschnitt.

Die Geschichte der modernen Meeresforschung und ihre Ziele.

Es ist leicht erklärlich, weshalb unter den die Erde bewohnenden Nationen gerade die Küstenvölker, die ihr Leben lang das ewige Meer vor Augen hatten, die es kannten in seiner majestätischen Ruhe und seiner alles zerstörenden Macht, die als Fischer oder Seeleute ihm ihren Unterhalt verdankten und in ihm eine nie versiegende Quelle von Wohlstand und Reichtum sahen, vor seiner Allmacht eine tiefe und heilige Scheu hatten. Aber in diesen Völkern, wie in der Menschheit überhaupt, wohnte von je her neben der tiefen, anbetenden Ehrfurcht vor der Naturgewalt ein unendliches Sehnen nach der Ferne, nach dem Unbekannten. Je größer die Gefahr, desto größer der Reiz. Denn hinter ihr winkten mit blendendem Glanz unendliche Schätze, die dem Mutigen zufielen, der es wagte, die Hand danach auszustrecken, die ihn tausendfach entschädigen würden für alle Mühsal und Gefahr. Diese Selbstsucht, dieses Suchen nach fernen Schätzen ist die Triebfeder fast aller Entdeckungsreisen gewesen, von den Meerfahrten der kühnen Phönizier bis auf unsere Zeit. Viele Jahrhunderte lang diente das Meer nur als Wasserstraße nach fernen Ländern und Gestaden. Aber derselbe Egoismus trieb schon früh die Perlenfischer an den Küsten des indischen Oceans auch hinein in die unbekannte Tiefe des Meeres, und die armen Schwammsucher des Mittelmeeres trotzen nur aus diesem Grunde allen Entbehrungen und Gefahren; derselbe Egoismus hat auch die erste Anregung zur heutigen Tiefseeforschung mit ihren überraschenden Erfolgen gegeben.

Es war im Jahre 1850. Die noch junge Lehre von der Elektrizität hatte die Erfindung des Telegraphen gezeitigt, der in

weiter Ferne wohnende Völker im Augenblick in unmittelbare Berührung zu bringen imstande ist, und in diesem Jahre sollte die erste unterseeische Verbindung zwischen England und Frankreich hergestellt werden. Da man das leitende Kabel dem unbekannten Meeresgrunde anvertrauen mußte, war man gezwungen, ihn vorher einer genauen Untersuchung zu unterwerfen, die manche bis dahin geltende Anschauung umwarf und neue und äußerst bemerkenswerte Thatsachen aus dunkler Nacht ans Tageslicht brachte. Weitere Forschungen in dieser Hinsicht im Norden des Atlantischen Ozeans durch das englische Schiff „Cyclop“ hatten zur Folge, daß am 21. August 1858 das erste Wort an der Hand des Drahtes die geheimnisvollen Meerestiefen zwischen Irland und Neufundland blitzschnell durchlaufen und die frohe Nachricht von der glücklich vollzogenen telegraphischen Verbindung zweier Erdteile bringen konnte. Zwar sollte die Freude nur von kurzer Dauer sein, denn bald darauf stellte das Kabel für immer seine Thätigkeit ein. Der Grund der Störung konnte nicht mit Bestimmtheit festgestellt werden, und erst sieben Jahre später brachte der „Great Eastern“ eine zweite Verbindung zwischen Europa und Amerika zustande. Heute liegen auf dem Boden der Meere mehr als 300 000 km Kabelleitung.

Aber diese aus rein praktischen Beweggründen ins Werk gesetzten Unternehmungen hatten den dabei Beteiligten und vor allem den Gelehrten doch zur Genüge gezeigt, daß die geheimnisvolle Tiefe der Meere ein ganz anderes Bild aufweise, als man sich bislang von ihr hatte vorstellen können. Den Engländern, schon damals dem an solchen Unternehmungen am meisten interessierten Volke, war es dank ihrer Flotte, ihrem Reichtum und ihrem Unternehmungsgeist vorbehalten, in den nächsten beiden Jahrzenten das meiste zur Erforschung der Meerestiefen beizutragen. Männer wie Carpenter, Thomson, Murray und viele andere stellten ihre ganze Kraft in den Dienst der Tiefseeforschung, und die Regierung, sowie die das 200. Jahr ihrer Gründung feiernde „Royal Society“ gaben die nötigen Mittel in freigebiger Weise dazu her. So wurde denn 1868 der kleine „Lightning“ lediglich für die Tiefseeforschung ausgerüstet; er brachte zum erstenmale den Nachweis, daß in der Tiefe von ungefähr 1200 m noch ein reiches Tierleben vorhanden ist. Es folgten 1869 bis 1870 die Fahrten des „Porcupine“ im

Atlantischen Ozean und im Mittelmeer, auf denen im Golf von Biscaya die ansehnliche Tiefe von 4453 m gelotet wurde. Zugleich brachten diese Reisen so überraschende Beobachtungen hinsichtlich der Wärme-, Druck-, Boden- und zoologischen Verhältnisse mit, daß die englische Regierung beschloß, unter Aufwendung außerordentlicher Geldmittel — die Kosten der Ausrüstung und Reise beliefen sich auf mehr als 4 Millionen Mark — ein Schiff mit allen der Wissenschaft damals zu Gebote stehenden Hilfsmitteln für die Erforschung der Meere in großem Stile auszusenden.

So wurde die Challenger-Expedition ins Leben gerufen. Das Schiff selbst, das ihr den Namen gegeben hat, eine Korvette von 200 Tons, war das Ideal eines Naturforschers. Da gab es ein biologisches Laboratorium mit seinen Mikroskopen, Sammelgläsern und Fangapparaten, seinen Präparier- und Sezierwerkzeugen, ein solches für die Untersuchung der chemischen und physikalischen Verhältnisse des Meerwassers, ein Aquarium, in dem das Treiben der lebenden Tiere beobachtet werden sollte, eine ausgewählte aber reichhaltige Bücherei, die über alles für die Naturforscher Wissenswerte Aufschluß gab, photographische Apparate und Dunkelkammer, kurz alles und von allem das Beste und Vollkommenste, das Wissenschaft und Technik der damaligen Zeit den unternehmungsfreudigen Gelehrten mit auf die Reise geben konnte. Von diesen führte der oben genannte Wyville Thomson die Leitung, dem der Geologe Murray, der Physiker und Chemiker Buchanan und die Zoologen Moseley und v. Willemoës-Suhm zur Seite standen; letzterer erkrankte auf der Fahrt und mußte zehn Monate nach der Ausreise nach Seemanns Art auf dem Boden des Meeres gebettet werden.

Gegen Weihnachten 1872 fuhr der „Challenger“ ab, kreuzte den Atlantischen Ozean mehrere Male und dampfte nach kurzem Aufenthalt in Kapstadt in das südliche Eismeer und nach Australien. Dann ging's quer durch den Großen Ozean nach der Küste von Südamerika, von da durch die Magellanstraße und den Atlantischen Ozean in die Heimat, wo das Naturforscherschiff im Mai 1876 nach einer Abwesenheit von drei Jahren und vier Monaten glücklich wieder einlief. Und welche Menge von neuen Thatsachen, welche Fülle von überraschenden Beobachtungen, wieviel seltenes Material in Gläsern und Flaschen

brachte es von dieser Reise mit! Da die Bearbeitung dieser wertvollen Ausbeute von einem einzelnen Forscher geradezu Unmögliches verlangt hätte, wurde der Stoff verteilt, und wir dürfen stolz sein, wenn wir hören, daß ein nicht geringer Teil der Bearbeitung in die Hände deutscher Gelehrter gelegt wurde, die sich dieser ehrenvollen Aufgabe mit Liebe und Eifer, mit deutscher Gründlichkeit und Wissenschaftlichkeit auf das vortrefflichste entledigt haben. So liegt jetzt von dieser Reise ein riesiges Werk vor, das durch die Fülle der in ihm enthaltenen wissenschaftlichen Beobachtungen und seine herrlichen Abbildungen wohl einzig in seiner Art dasteht.

Dieser beispiellose Erfolg feuerte nun auch die anderen Kulturvölker zur Nachahmung an. Zunächst rüsteten die Vereinigten Staaten von Nordamerika, die sich schon vorher durch kleinere Untersuchungen an der Meeresforschung beteiligt hatten, die Blake-Expeditionen (1875—1880) aus; dann folgten die Skandinavier mit einer Reise in die arktischen Gewässer, ferner die Italiener und endlich die Franzosen mit den Reisen des „Travailleur" (1880—1882) und des „Talisman" im Atlantischen Ozean; alle konnten die Richtigkeit der vom „Challenger" gemachten Beobachtungen bestätigen und brachten eine reiche Ausbeute an neuem Material mit.

„Aber die Deutschen," so höre ich fragen, „wir Deutschen, wo blieben denn wir?" Hatten wir denn gar keinen Sinn weder für die ideale Seite dieser Untersuchungen, noch für ihren großen praktischen Wert? Die deutsche Wissenschaft hegte allerdings schon lange den Wunsch, sich an diesen Forschungsarbeiten zu beteiligen, und an deutschen Gelehrten, die sich ihnen begeistert gewidmet hätten, fehlte es, wie wir sahen, auch nicht. Aber unsere Reichsflotte war noch klein, und jedes Schiff leider allzu nötig zu anderen Zwecken. Zwar wurde im Jahre 1874 die Kriegskorvette „Gazelle" für die Tiefseeforschung zweckentsprechend ausgerüstet; sie bereiste vom Sommer dieses Jahres bis zum April 1876 unter der Führung von Kapitän v. Schleinitz den Indischen Ozean und stellte auf ihrer Fahrt nach den Kerguelen die Tiefenverhältnisse der von ihr durchkreuzten Gebiete fest, wobei zugleich physikalische und zoologische Untersuchungen angestellt wurden. Die erste bedeutendere Fahrt eines deutschen Schiffes zur Erforschung des Meeres war die sogenannte Plankton-Expedition. Das Wort

Plankton ist eine Neubildung von Professor Hensen, dem wissenschaftlichen Leiter dieser Unternehmung. Hatte man bei den bisherigen Untersuchungen das Hauptaugenmerk auf die Verhältnisse des Tiefsee gerichtet, die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Seewassers, die Gestaltung des Meeresbodens und die eigenartigen Bewohner der Meerestiefen kennen zu lernen gesucht, so galt bei dieser Fahrt das Interesse in erster Linie den zahlreichen, meist kleinen Lebewesen, die die oberflächlichen Wasserschichten bevölkern und sich dort schwebend aufhalten, ein Spiel von Wind und Wellen. Hensen hatte darauf hingewiesen, wie wichtig vom praktischen Gesichtspunkte aus eine Kenntnis von den Lebewesen des Plankton, von seiner Zusammensetzung nicht nur in qualitativer, sondern auch in quantitativer Beziehung, von seiner Verteilung in den Ozeanen und seiner Abhängigkeit von Wind und Wetter für die Hochseefischerei sei. Bilden doch diese Milliarden von winzigen Algen und tierischen Lebewesen für alle anderen Meeresbewohner die einzige Nahrung; von ihr leben die zahllosen kleineren Geschöpfe, und diese werden wieder von den größeren verzehrt. Es galt also die Menge dieser Oberflächenfauna und -flora festzustellen und die Gesetze ihrer Abhängigkeit von Wind und Wellen, von Strömungen und Klima zu ergründen. So wurde ein ganz neuer Wissenszweig ins Leben gerufen. Die Planktonfahrten wurden anfangs auf Nord- und Ostsee beschränkt. Galt es doch zunächst, auf diesem kleineren Gebiete die nötige Erfahrung zu sammeln und einfachere Verhältnisse kennen zu lernen. Dann aber wurde 1889 auf Anregung Hensens die „Deutsche Plankton-Expedition" ins Leben gerufen. Mitte Juli ging der „National" von Kiel aus in See, fuhr zunächst nach Norden an die Grenze des Treibeises im Atlantischen Ozean und dann südwärts nach Neufundland und den Bermudas ins Sargassomeer; von da ging die Fahrt nach den Kapverdischen Inseln, nach Ascension und zur Mündung des Riesenstromes Amazonas, wo das Plankton des Mündungsgebietes untersucht werden sollte, was aber wegen der zahlreichen Sandbänke nicht ausgeführt werden konnte. Nach einer Abwesenheit von $3^1/_2$ Monaten lief der „National" wieder in seinen Heimathafen glücklich ein. Während der ganzen Reise wurden 33 gut gelungene Schließnetzzüge ausgeführt, von denen vier Organismen aus der Oberflächenschicht bis 200 m brachten, neunzehn aus 200 bis 1000 m

und zehn aus 1000 bis 3450 m Tiefe. Zahlreiche im Lauf der Jahre erschienene Berichte zeugen von dem Fleiß der Teilnehmer während der Reise und bei der Bearbeitung des umfangreichen Stoffes, denn außer dem oben angegebenen Aufgaben galt es auch Untersuchungen über Windrichtung und -stärke, über Klima und Passate anzustellen, über Farbe und Salzgehalt des Meerwassers und seine Wärmeverhältnisse, über die Meeresströmungen und ihre Abhängigkeit von Wind und Salzgehalt, alles Dinge, die offenbar für Verteilung und Verbreitung des Planktons von der größten Bedeutung sind.

Wie überhaupt auf dem Gebiete der Wissenschaften, so ruft auch auf dem der Meeresforschung eine einmal angeschnittene Frage hundert andere ins Leben. Die Anregung wirkte nicht nur auf andere Nationen belebend ein, sondern auch Führer von Handelsschiffen erboten sich, während ihrer Reisen Messungen und Studien in dieser Richtung anzustellen, und Privatpersonen trugen durch Geldspenden und persönliche Untersuchungen zur Lösung der zahlreichen Rätsel ihr Scherflein bei. Unter diesen ist vor allem Fürst Albert von Monaco zu nennen, der durch glückliche und erfolgreiche Reisen an der Lichtung des Dunkels, das früher über das Aussehen der Meerestiefen herrschte, sehr thätig gearbeitet hat. Seine ersten Reisen unternahm er 1885 bis 1888 mit seiner Segeljacht „Hirondelle“ in Begleitung der Zoologen Jules de Guerne und Richard; seit 1891 benutzte er die eigens für diese Zwecke ausgerüstete Segeldampfjacht „Princesse Alice“, der 1898 die „Princesse Alice II“ folgte. Mit letzterer führte er 1898 die erste Reise in die nördlichen Polargebiete aus, wo Grundproben aufgenommen und Untersuchungen über das Plankton und die pelagische Fauna angestellt wurden.

Inzwischen ruhten andere Nationen auch nicht; von ihren Fahrten erwähne ich hier nur die österreichische Pola-Expedition zur Untersuchung der zoologischen, der physikalisch-ozeanographischen und chemischen Verhältnisse des Mittelmeeres und des roten Meeres während der Jahre 1890 bis 1894 und die des dänischen Kreuzers „Ingolf“ (1895—1896) in den nordischen Gewässern um Island und Grönland.

Die zahlreichen ungelösten Rätsel der Meerestiefen, das lebhafte Interesse, das deutsche Forscher diesem Gegenstande entgegenbrachten, die wachsenden maritimen Beziehungen unseres

geeinigten Vaterlandes zeigten aber immer mehr auch dem deutschen Volke, daß es die moralische Verpflichtung habe, nun auch seinerseits für die Erforschung der Meere, für die andere Nationen schon so beträchtliche Opfer gebracht hatten, Bedeutendes beizutragen. Die Anregung dazu fand in maßgebenden wissenschaftlichen und regierenden Kreisen einen fruchtbaren Boden, und Dank dem lebhaften Interesse unseres Kaisers für alle Fortschritte des deutschen Volkes, besonders auf dem Gebiete der Seeschiffahrt, und Dank der Liberalität des Reichstags — auch das Reichsamt der Marine und das des Innern steuerten zu den Kosten bei — konnte so im Jahre 1898 die Aussendung der „Deutschen Tiefsee-Expedition" unter der wissenschaftlichen Leitung des Professor Dr. C. Chun erfolgen. Wir wollen ihrem Reiseweg einmal folgen und die dabei erreichten wissenschaftlichen Erfolge, soweit sie zur Zeit bekannt sind, in großen Zügen vorführen.

Es war am 1. August 1898, als die „Valdivia", ein der Hamburg-Amerika-Linie gehöriger Dampfer, mit allem wohl ausgerüstet, was zur Erreichung der weitgesteckten Ziele nötig war, und mit den Teilnehmern der Expedition den Hamburger Hafen verließ. Die „Valdivia" war 107 m lang und hatte eine Wasserverdrängung von 3000 t. Ihr Vorderraum war für Fischereizwecke umgestaltet, der hintere Teil für ozeanographische Arbeiten bestimmt. Dabei war alles auf das praktischste eingerichtet; am Bord befand sich eine elektrische und eine Dampfmaschine für Lot- und Fangzwecke und außer den für die Tiefseeforschung nötigen Apparaten eine genügende Anzahl von Ersatzstücken. In erster Linie trachtete man nach der Lösung biologischer Fragen. Was bildet die Nahrung der Tiefseetiere? Findet wirklich eine Wanderung der Meeresbewohner von Pol zu Pol statt, und, wenn das der Fall ist, wo? Auf dem Meeresboden oder an der Oberfläche? Dann galt es ferner die eigenartige Tierwelt kennen zu lernen, die sich beim Zusammentreffen verschieden warmer Meeresströme, wie z. B. südlich vom Kap der Guten Hoffnung, vorfindet, die eigentümlichen Leucht- und Sinnesorgane der Tiefseetiere zu studieren und vieles andere mehr. Kurz, an Arbeit sollte es nicht fehlen. Erst ging die Reise von der Elbmündung nach Norden; die ersten Tage wurden dazu benutzt, die Leistungsfähigkeit der mitgenommenen Geräte zu erproben und die Be-

wohner des Naturforscherschiffs mit ihrer Handhabung völlig vertraut zu machen. Dann wurden diese zwischen Island und Schottland in das kalte Tiefenwasser über dem Thomsonrücken, einer Erhebung des Meeresbodens, die bis zur Höhe von 500 m unter dem Meeresspiegel steigt und das kalte Polarwasser von dem wärmeren des Atlantischen Ozeans trennt, versenkt und brachten schon hier bei ihrem Heraufholen eine große Menge von Tiefseetieren, vor allem von Schwämmen, heraus; von einer einzigen Art (Thenea muricata) wurden allein mehr als 4000 Exemplare gezählt. Daneben wurde mit dem Plankton- und dem Schließnetz gefischt; letzteres brachte aus den Tiefenzonen zwischen 1600 und 1900 m einen sehr reichen Fang. Der Leiter berichtete darüber: „Das Netz funktionierte mit Erfolg und mit erwarteter Sicherheit und ergab eine außerordentlich reiche pelagische Lebewelt, welche für die genannten Tiefen charakteristisch ist. Sämtliche mit dem Mikroskop vertraute Mitglieder der Expedition hatten sich mit der Untersuchung des Fanges zu beschäftigen, um die Formen — soweit dies möglich war — zu bestimmen und namentlich genau zu registrieren, welche Organismen noch lebend in großen Tiefen flottieren resp. abgestorben und, meist nur an ihren Schalenresten kenntlich, von der Oberfläche niedersanken. Gleichzeitig angestellte Oberflächenfänge ergaben die auffällige Verschiedenheit zwischen den die Oberfläche bevölkernden und den auf größere Tiefen angewiesenen lebenden Formen." Auch über den Bakteriengehalt des Meerwassers in großen Tiefen konnten neue Thatsachen festgestellt werden. Dann ging die Fahrt nach Süden, an den Azoren vorbei nach Teneriffa und von da nach Westafrika, wo an der Steilküste bei Kap Bojador mit dem Dredschnetze gute Beute erzielt wurde, und in das Gebiet des Guinea- und Südäquatorialstromes bis nach Kamerun. Eine Tiefenmessung wenige Meilen südlich vom Äquator ergab eine Tiefe von fast 5700 m bei einer Bodentemperatur von 1,9° C. Um die Abnahme der Wärme mit zunehmender Wassertiefe festzustellen, wurden die Temperaturen des Wassers in bestimmten Abständen gemessen, daneben chemische, ozeanographische, biologische und bakteriologische Untersuchungen ausgeführt. Ein besonderes Interesse wurde der Fortsetzung der Hensenschen Untersuchungen der Planktonfauna und -flora zugewandt, sowie den Bewohnern der mittleren Wasserschichten unterhalb der Tiefenlinie von

600 m. Es stellte sich heraus, daß das Schließnetz manche Tiere, wie Fische, hochrote Krebstiere, Coelenterarten, Seewalzen u. a. an die Oberfläche brachte, die man vordem nur als Bodenbewohner gekannt hatte, kurz „eine ganz charakteristische Fauna dieser intermediären Zone". Im Kamerungebiet und im weiteren Verlauf der Fahrt entlang der westafrikanischen Küste wurden auch einzelne Ausflüge in das Innere des Landes unternommen. In der Großen Fischbucht, die bei einer Länge von 20 Seemeilen bis zum äußersten Ende schiffbar ist, galt das Augenmerk in erster Linie den Nutzfischen, denen der aus Süden kommende kalte Benguelastrom eine riesige Menge von Nährorganismen zuführt. Sie gilt als Hauptlaichplatz für die Fische dieses Teils des Atlantischen Ozeans, und die Menge der mit Angeln und Netzen heraufgeholten Tiere war so groß, daß ein Boot durch die Unmasse der Fische fast zum Sinken gebracht wurde. Auf der Fahrt zwischen der Großen Fischbai und Kapstadt, auf der die Expedition stark unter dem Auftreten der Malaria zu leiden hatte, geriet das Vertikalnetz in 2000 m Tiefe auf eine bisher unbekannte Bank, von der das niedergelassene Schleppnetz eine große Anzahl Tiefseetiere herausholte, die man vorher hauptsächlich als Bewohner der Oberflächenschicht gekannt hatte. „So konnten z. B. von den zartesten und duftigsten pelagischen Organismen, nämlich den Rippenquallen, zwei eigenartige Vertreter in den Tiefen nachgewiesen werden. Eine große Menge von für die Wissenschaft neuen und durch ihren Bau interessanten Formen wurde auf diesem Wege erbeutet. Hierunter fallen namentlich die bizarr gestalteten, meist schwarz gefärbten Tiefseefische, durchsichtige Tintenfische, große, hochrote, bleiche und blinde Krustaceen, einige Wurmformen, eine sehr abweichend gestaltete Seewalze und eine Reihe von Medusen und Schwimmpolypen."

In Kapstadt war der erste Teil der Reise beendet. Ein Ausflug nach der Bank bei Kap Agulhas brachte eine neue Überraschung, denn das Scharrnetz förderte zum Erstaunen der Teilnehmer von dem felsigen, durchschnittlich nur 100 m unter dem Meeresspiegel liegenden Grunde eine Anzahl Tiere ans Tageslicht, die eine auffallende Ähnlichkeit mit bekannten nordischen Formen hatten. Von Kapstadt wurde ein Vorstoß in das antarktische Gebiet unternommen, bei dem die vor einem Jahrhundert entdeckte, seit 75 Jahren aber nicht wieder besuchte

vulkanische und eisbedeckte Bouvet-Insel wieder aufgefunden wurde. Die Lotungen, die im weiteren Verlauf der Reise gemacht wurden, zeigten, daß das Antarktische Meer durchaus nicht ein so seichtes Becken ist, als man bislang annehmen mußte; Tiefen von 5000 bis 6000 m wurden wiederholt gelotet. Die Wiederauffindung der Bouvet-Insel durch eine deutsche Expedition wird der Nachwelt auch durch Namen wie Kaiser-Wilhelm-Pik, Posadowsky-Gletscher und Kap Valdivia gekennzeichnet werden. Der südlichste Punkt wurde bei 64° 14′ erreicht. Am Weihnachtstage 1898 wurden die Kerguelen angelaufen, wo die durch keine menschlichen Bewohner scheu gemachten Seeelephanten und Robben den Nimroden unter der Gesellschaft gute Beute lieferten. Dann ging's über Neu-Amsterdam und die Cocos-Inseln nach Padang an der Südwestküste von Sumatra. Jenseits der ihr vorgelagerten Inseln, die durch seichtes Meer getrennt sind, macht sich ein bedeutender Steilabfall in den Indischen Ozean bemerkbar; 52 Seemeilen von der Insel Nias fand das Lot erst bei 5700 m Grund. Von da fuhr die „Valdivia" nördlich zu den Nicobaren, wo zwei Dredschzüge zum Teil absonderliche Formen der Tiefsee- und Flachseefauna heraufbrachten, Fische, Krebse, Seespinnen, Seesterne und Seegurken und vieles andere. Von Ceylon wurde über die Malediven und Chagos-Inseln, die auf einem unterseeischen Rücken, der den westlichen Teil des Indischen Ozean begrenzt, liegen, nach den Seychellen gedampft, in deren Nähe die für diese Meere bisher bekannte tiefste Stelle von 5071 m gelotet wurde. Nachdem dann unsern ostafrikanischen Landsleuten in Dar es Salaam ein Besuch abgestattet war, wurde die Heimreise angetreten, und am 30. April lief die „Valdivia" glücklich wieder in die Elbe ein, wo ein begeisterter Jubel die Mitglieder der Deutschen Tiefsee-Expedition empfing. Die Menge der Lotungen und Messungen, die in den Tabellen niedergelegt sind, das in Gläsern gesammelte Material von Meeresorganismen, das die Fahrt geliefert hat, ist jedenfalls ein außerordentlich großes und stellt den Teilnehmern und ihrem rastlosen Fleiß ein ehrendes Zeugnis aus. Jahre werden vergehen bis alles gesichtet und geordnet ist, die zoologischen Sammlungen bestimmt und verarbeitet sind. Dann aber wird von der Reise ein Werk vorliegen, ein würdiger Schluß des ganzen so prächtig gelungenen Unternehmens, das in zahlreichen Bänden die Frucht des Ganzen in sich bergen wird.

Aber die Wissenschaft wird nicht stillstehen bei dem Erreichten, und einige kleinere Expeditionen sind teils unterwegs, teils schon zurückgekehrt. Denn es ist mehr als genügend Arbeit da für eine jede. Die beiden nächsten größeren Untersuchungen werden sich dem noch sehr ungenau bekannten Südpolargebiet zuwenden: die Deutsche Südpolar-Expedition, die im Herbst 1901 abfahren und unter E. v. Drygalski von den Kerguelen aus das Werk beginnen wird, und ein englisches Unternehmen, das, die Arbeit der Deutschen ergänzend, den an das Gebiet des Stillen Ozeans grenzenden Teil des Antarktik bereisen soll Dem Verlauf beider darf man mit Spannung entgegen sehen und von ihnen die besten Erfolge erhoffen.

II. Abschnitt.

Die Verteilung von Wasser und Land auf der Erde; die Lotwerkzeuge und die Tiefen der Ozeane.

Ein Blick auf eine Erdkarte zeigt uns, daß die Fläche des Meeres die des Landes bei weitem übertrifft. Bis zum 16. Jahrhundert war die entgegengesetzte Ansicht verbreitet; im 17. und 18. Jahrhundert hielt man beide Flächen für gleich groß, wie das ja auf der nördlichen Halbkugel ungefähr der Fall ist. Heute wissen wir, daß ca. $^5/_8$ unserer Erdoberfläche unter den Fluten des Meeres begraben sind und nur $^3/_8$ von festem Lande gebildet werden (Fig. 1). Die Feststellung genauer Zahlen begegnet natürlich großen Schwierigkeiten; gewöhnlich nimmt man die Tiefenlinie von 200 m als die Grenze zwischen Meer und Festland an. Nach den neuesten Berechnungen hat Karsten für die einzelnen Ozeane folgende Zahlen ermittelt:

Großer Ozean	161 137 000	qkm	Oberfläche
Atlantischer Ozean . . .	79 776 000	"	"
Indischer Ozean	72 536 000	"	"
Nördliches Eismeer . . .	12 563 000	"	"
Südliches Eismeer . . .	15 630 000	"	"
Zusammen	341 642 000	qkm	Oberfläche.

Da Karsten die Oberfläche der Binnenmeere mit 30 748 000 qkm berechnet hat, so ergiebt sich eine Gesamtfläche von 372 390 000 qkm Wasserbedeckung, der rund 135 500 000 qkm festen Landes gegenüber stehen, also ungefähr der dritte Teil. Nach Wagner und Krümmel beträgt das Verhältnis der wasserbedeckten Fläche zu der des trockenen Landes 2,76 : 1, nach v. Thilo 2,71 : 1.

Ebenso falsch waren früher die Ansichten, die man über die Tiefe der Weltmeere hatte, da man die einfach für unergründlich hielt. Diese irrige Ansicht hatte sich gebildet auf Grund

falscher, mit unvollkommenen Apparaten ausgeführter Lotungen; bevor wir über die Tiefe der Meere sprechen, müssen wir deshalb kurz auf die zu ihrer Ausmessung nötigen Werkzeuge eingehen.

Die Tiefe eines Gewässers zu messen, sollte man meinen, wäre doch eine sehr einfache Aufgabe. Man braucht ja nur ein Seil mit einem Gewicht so lange hinabzulassen, bis letzteres auf den Grund stößt. Mit diesem einfachen Apparat, einem höchstens 360 m langen und mit einem 12 pfündigen Gewicht

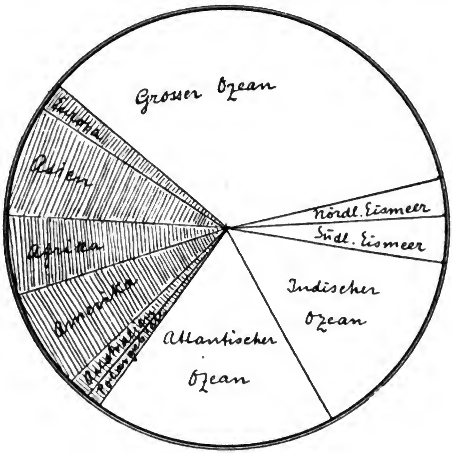


Fig. 1.
Die Verteilung von Wasser und Land auf der Oberfläche der Erde.

beschwerten Standlot, dessen Hanfseil ungefähr die Dicke eines Daumens hatte, wurden auch von alters her die Tiefenmessungen ausgeführt, aber sie gaben alle mehr oder weniger falsche Resultate, sobald man an die tieferen Abgründe der Meere kam, nämlich viel zu große Zahlen. Der Grund lag darin, daß man nicht mit den unterseeischen Strömungen rechnete, die stark genug sind, das Gewicht zur Seite zu drücken und das Lot ins Treiben zu bringen. Leistet deshalb ein solches Standlot noch heute wohl dem Seefahrer, dem es die Gefahr bringende Untiefen anzeigt, gute Dienste, so ist es für die Messung großer Tiefen

nicht zu gebrauchen. Es galt zunächst, die Gewichte zu vergrößern und dadurch das Abtreiben zu verhindern; der Umstand ferner, daß es bei Messungen größerer Tiefen nicht immer leicht ist, das Aufstoßen des Gewichtes auf den Grund des Meeres an Bord wahrzunehmen, führte Brooke zur Erfindung des noch heute mit geringen Abänderungen benutzten und nach ihm benannten Tiefseelotes. Es besteht aus einer schweren Eisenkugel, die durchbohrt ist und auf einer hohlen Stange gleitet. Die Kugel ist an dieser so befestigt, daß beim Aufstoßen der Röhre auf den Grund durch einen Hebelmechanismus die Schnur, durch die die Kugel gehalten wird, sich löst, so daß letztere abfällt und die dadurch bewirkte Entlastung an Bord deutlich zu fühlen ist. Zugleich hat ein selbstschließendes Ventil ein Probe des Meeresgrundes aufgenommen.

Die im Laufe der Jahre an diesem Tiefseelot vorgenommenen Verbesserungen bestehen in erster Linie darin, daß an die Stelle der Hanfleine der festere und leichtere, durch Billigkeit und Handlichkeit ausgezeichnete Stahldraht trat, und daß heute je nach der zu erwartenden Tiefe mehrere ringförmige Gewichte auf die Röhre geschoben werden (Fig. 2). Auf je 1800 m Tiefe rechnet man einen solchen Eisencylinder von ungefähr einem Centner Gewicht. Da ferner plötzliche Schwankungen und Rucke leicht ein Zerreißen des Drahtes herbeiführen, läßt man letzteren an Bord über eine Rolle gleiten, die an einem System von federnden Spiralen aufgehängt ist. Trotzdem kommen Verluste häufig vor. Als man auf der „Deutschen Tiefsee-Expedition“ mit einem neuen Apparate eine Lotung zwischen Ceylon und den Malediven ausführte und bei 4454 m Tiefe Grund fand, riß beim Hinaufwinden der neue Klaviersaitendraht, so daß 3200 m samt Thermometern, Lotröhre und den Wasserschöpfapparaten verloren gingen.

Auch andere Apparate, deren Arbeit nach Siemens auf der bei zunehmender Tiefe steigenden Anziehungskraft der Erde oder auf dem mit wachsender Tiefe steigenden Wasserdruck beruht, sind in Anwendung gebracht worden. Ein Lotwerkzeug letzterer Art erfand Thomson, der Leiter der Challenger-Expedition. Eine gegen das Zerdrücktwerden durch eine Messinghülse geschützte und nur unten offene Glasröhre wird ins Wasser hinabgelassen; je tiefer sie sinkt, desto mehr wird die Luft in ihr durch den Wasserdruck zusammengepreßt werden, und desto höher wird in ihr das Wasser steigen. Die Veränderung, die ein in der

Röhre angebrachter Belag durch das Seewasser erlitten hat, läßt erkennen, wie weit dieses in ihr gestiegen ist, und gestattet

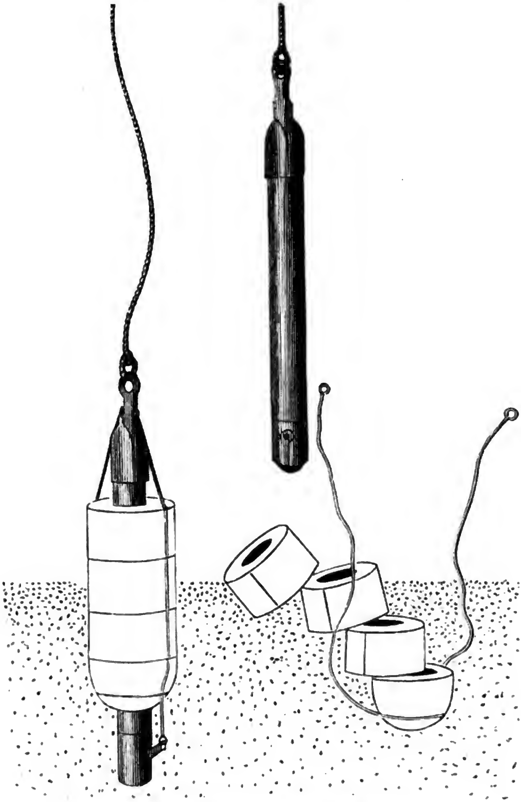


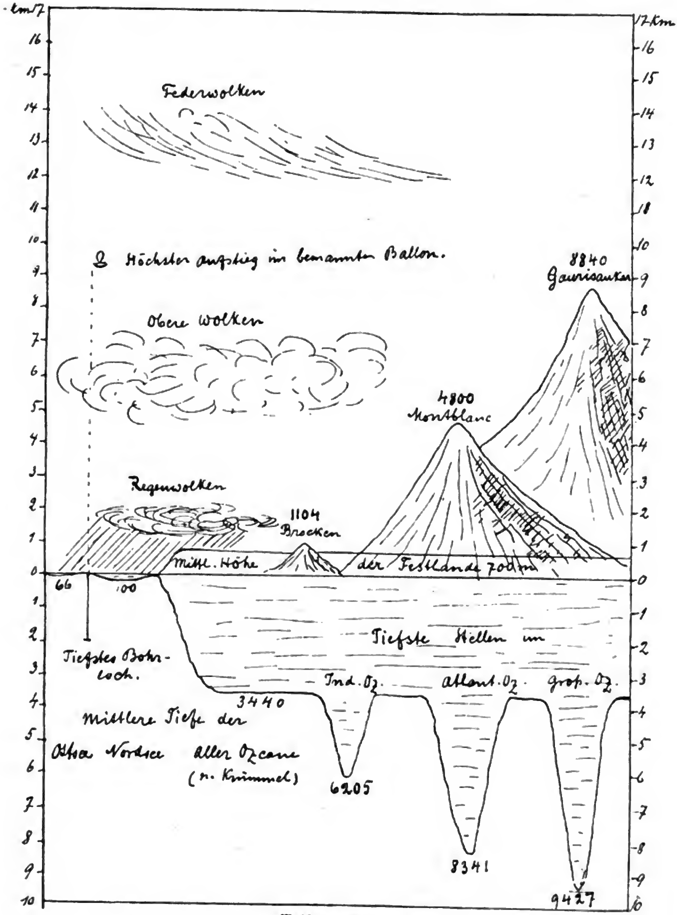
Fig. 2. Tiefseelot. (Aus Walther.)

so einen Rückschluß auf die von dem Apparate erreichte Tiefe. Es hat sich aber gezeigt, daß die hiermit erzielten Resultate nur bei geringeren Tiefen von genügender Genauigkeit sind, so daß

die meisten Lotungen heute mit dem verbesserten Brookeschen Apparate ausgeführt werden.

Das Loten selbst ist keine leichte Arbeit. Ist das Lot ins Wasser gesenkt, so geht es anfangs mit großer Geschwindigkeit hinab, die aber infolge der Reibung, ein wenig auch infolge der zunehmenden Dichte des Meereswassers bald nachläßt. Die ersten 3000 m werden etwa in 50 Minuten durchlaufen. Sobald der Grund erreicht ist, windet die Dampfmaschine den Draht wieder auf die Trommel; eine Arbeit, die oft Stunden in Anspruch nimmt.

Es hat sich nun die auffallende Thatsache herausgestellt, daß die Stellen größter Meerestiefe in den Ozeanen nicht, wie man doch annehmen sollte, ungefähr in der Mitte zu finden sind, sondern in der Nähe des Festlandes oder ihm benachbarter Inseln, dort, wo das Vorkommen von Vulkanen oder hart an die Küste herantretenden Gebirgszügen auf alte Bruchstellen schließen läßt, an denen ein Teil der festen Erdkruste in die Tiefe versenkt und dann vom Meere bedeckt wurde. Im Großen Ozean galt bis vor kurzem als die absolut größte Tiefe die von 8513 m, die im Jahre 1874 das amerikanische Schiff „Tuskarora" noch nicht 200 km östlich von den Kurilen fand, als es zur Legung eines Kabels den Meeresboden zwischen Japan und Kalifornien untersuchte. Über die Ausdehnung dieser Depression wissen wir nichts Genaues, sie scheint aber sehr bedeutend zu sein. Im Jahre 1896 lotete aber das englische Kriegsschiff „Pinguin" in der Südsee zwischen den Gesellschafts- und Kermandek-Inseln drei Tiefen über 9000 m (9184, 9413, 9427 m), Senkungen, die als tiefe Thäler aufzufassen sind, da zwischen ihnen und in ihrer Nähe viel geringere Tiefen gefunden worden sind. Würde man den höchsten Berg der Erde, den Gaurisankar im Himalayagebirge (8840 m), an der tiefsten dieser drei Stellen versenken, so würde seine Spitze immer noch 587 m unter dem Meeresspiegel liegen. Die nebenstehende Skizze (Fig. 3) der höchsten Erhebungen und tiefsten Senken, der eine Zeichnung von Ule zu Grunde gelegt ist, läßt die Verhältnisse deutlich erkennen. Außer diesen Depressionen liegen noch 24 Stellen über 4000 Faden oder rund 7200 m Tiefe auf dem Grunde der Meere. Von diesen ist der Stille Ozean der tiefste; nimmt man die Tiefe von 3000 Faden oder 5400 m als Grenze an, so liegen nach Maury von noch größeren Tiefen



Maßstab 1:200000.

Fig. 3. Höhen und Tiefen auf der Erde.

24 in diesem, 15 weist der Atlantische, 3 der Indische Ozean auf; mehrere befinden sich auf dem Grunde des Südpolarmeeres. Aller-

dings weisen die Lotungen dort noch große Lücken auf. Aber aus den Messungen der Valdivia-Expedition geht hervor, daß das Antarktische Meer durchaus nicht so flach ist, als man bisher annehmen mußte; von 17 Lotungen zwischen der Bouvet-Insel und Enderby-Land gaben elf Tiefen von 5000 bis 6000 m, fünf solche von 4000 bis 5000 an, während nahe der erst genannten Insel 3080 m festgestellt wurden. Auch für das nördliche Eismeer ergaben Nansens Lotungen überall Tiefen von 3000 und 4000 m; nur in der Nähe von Spitzbergen wurden flachere Stellen angetroffen. Die größte Tiefe im Atlantischen Ozean wurde mit 8341 m festgestellt; sie liegt nördlich von den Antillen, 70 Meilen von Portoriko entfernt. Der Indische Ozean hat seine größte bis jetzt bekannte Tiefe von 6205 m im Süden von Java. Alle diese tiefsten Stellen finden sich in Senkungen, über deren Ausdehnung wir noch nicht genügend unterrichtet sind. Supan nennt sie Gräben und unterscheidet deren neun: den Atacama-Graben (7635 m,) den Aleuten-Graben (7383 m), den Japanischen Graben (8513 m), den Karolinen-Graben (8184 m), den Tonga-Graben (9184 m), den Kermandek-Graben (9427 m), den Sunda-Graben (6205 m), den Portoriko-Graben (8341 m) und den Cayman-Graben (6269 m).

Die mittlere Tiefe aller Ozeane beträgt nach Murray 4500 m, nach Krümmel 3440 m; sie verteilt sich, wenn wir von den noch nicht genügend bearbeiteten Lotungen der Polarländer absehen, auf die drei großen Weltmeere nach Krümmels und Karstens Berechnungen wie folgt:

	Mittlere Tiefe nach Krümmel:	Karsten:
Indischer Ozean:	3890 m	4083 m
Atlantischer Ozean:	3680 „	3763 „
Großer Ozean:	3340 „	3650 „

Die Schwierigkeiten solcher Zahlenangaben liegen klar auf der Hand; ebenso leicht ist zu verstehen, daß die Ergebnisse der verschiedenen Berechnungen zum Teil weit auseinandergehen. Vor allem sind unsere Kenntnisse von diesen Tiefenverhältnissen teilweise noch sehr lückenhaft; ferner ist das Meerwasser keine ruhende Masse, sondern in beständiger Bewegung begriffen.

Die Rand- und Binnenmeere verhalten sich hinsichtlich der Tiefe sehr verschieden. Die Nordsee ist außerordentlich flach; ihre mittlere Tiefe erreicht noch nicht 100 m. Würde

man seine Ausdehnung sich durch einen Bogen gewöhnlichen Schreibpapiers darstellen, so würde die Dicke dieses Bogens im Vergleich zu seiner Oberfläche immer noch zu bedeutend sein. Noch flacher ist die Ostsee, deren mittlere Tiefe ungefähr 66 m beträgt. Dagegen zeigt das Mittelmeer Tiefen von 4400 m; das Karaibische Meer weist bis zu 6300 m Tiefe auf, und im Austral-asiatischen Meer ist eine solche von 7300 m gemessen worden. Die mittlere Tiefe aller Binnenmeere hat Karsten auf 1060 m berechnet.

Alle diese Zahlen sind durch ihre Größe leicht imstande, uns einen ganz falschen Begriff von der Wasserbedeckung der Erde im Vergleich zu ihrem Rauminhalt zu geben. Wollten wir auf unserer Skizze (Fig. 3) die Zahlen links und rechts bis zum Erdmittelpunkt fortführen, so müßten wir bis zur Zahl 6377 km fortfahren; freilich müßten die Blätter unseres Buches dann eine Länge von mehr als 30 m haben. Wenn man sich einen Globus von einem Durchmesser, der der Größe eines erwachsenen Mannes gleichkäme, herstellen und darauf die Erhebungen und Senkungen der Erdoberfläche etwa aus Thon modellieren würde, so würde darauf, wie Walther ausführt, die tiefste Stelle der Meere nur einen Eindruck von wenig mehr als 1 mm machen, der höchste Berg aber mit seiner Spitze eine noch etwas geringfügigere Erhebung darstellen. Wenn man sich auf dem Meeresgrunde alle Unebenheiten ausgeglichen und ebenso auf dem festen Lande alle Gebirge abgetragen und die Thäler damit ausgefüllt denken würde, so würde die Wasserbedeckung auf unserem Globus eine Schicht von $^5/_{10}$ mm bilden, über die sich das Land mit nur $^1/_{10}$ mm erhöbe. Es ist durchaus nötig, daß man sich diese Verhältnisse recht klar macht, denn nur dann kann man verstehen, wie geringfügige Einwirkungen — vergleichsweise — nötig sind, um eine vollständig andere Verteilung von Land und Wasser auf unserer Erde herbeizuführen.

Derartige Veränderungen sind nun auch, so lange unsere Erde als genügend abgekühlter Himmelskörper existiert, außerordentlich häufig zu allen Zeiten vorgekommen und finden noch heute statt. Die geologische Erforschung der Erdrinde zeigt uns überall, wie das Meer vor Urzeiten hier einen gewaltigen Einbruch unternommen und die Zeichen seiner Überflutung zurückgelassen hat, während dort durch seinen Abzug

festes Land entstand, wo ehedem ein Tummelplatz von Milliarden von Meeresbewohnern war. Terrassenbildungen und Strandlinien besonders an den Küsten höherer Breiten zeigen uns, daß sich dort das Land gehoben hat und wohl noch in Hebung begriffen ist. An der schwedischen Küste hat man durch an Felsen angebrachte Marken deutlich eine Hebung des Landes verfolgen können und berechnet, daß diese etwa $1^1/_2$ m im Jahrhundert beträgt. In den Äquatorialgegenden scheint dagegen das Land eine Neigung zur Senkung zu zeigen. Durch diese säkularen Schwankungen ändert sich natürlich nicht nur das Verhältnis der Verteilung von Wasser und Land, sondern auch die Tiefen des Meeres.

Aber auch heute, wo wir das Meer nur als solches betrachten, wie es uns kurzsichtigen Menschen erscheint, findet vor unseren Augen eine derartige Veränderung der Wasserbedeckung statt. Überall nagt die Brandungswelle an dem Rande der Festlandsockel, sie reißt und bröckelt im Laufe der Zeiten ungezählte Lasten von Gestein ab, die zu Geröll und Sand zermahlen und von den Strömungen oft weit fort getragen werden; Vulkane werfen ihre Auswurfsmassen ins Meer, die Flüsse führen ihre im Lande gesammelten Sinkstoffe ihm in großen Mengen zu und erhöhen seinen Boden, und an der Aufschüttung desselben beteiligen sich Heere von Milliarden kleiner Meeresorganismen, deren winzige Kalk- oder Kieselskelette nach dem Absterben zu Boden sinken und den Meeresgrund Hunderte von Meilen weit bedecken.

Doch selbst wenn man diese rastlos wirkenden Faktoren ganz außer acht lassen wollte, würden sich noch Schwierigkeiten genug finden, wenn es jemand unternehmen wollte, die Wassermassen der Meere genau nach Menge und Gewicht festzustellen. Man sollte doch denken, daß das Wasser über der ganzen Erdkugel so verteilt wäre, daß jeder Punkt der Meeresoberfläche gleich weit vom Erdmittelpunkt entfernt wäre. Wenn wir aber ein Glas Wasser auf den Tisch setzen, so sehen wir schon dort, daß die Oberfläche der Flüssigkeit keine ebene ist, sondern am Rande in die Höhe steigt. Ähnlich, wenn auch auf einem anderen Gesetz teilweise beruhend, ist es auch auf den Weltmeeren. Unser Sprachgebrauch sagt, daß der Schiffer „auf das Meer hinaus" fährt; in Wirklichkeit aber fährt er „hinab", denn besonders dort, wo Gebirge an die Küste herantreten,

üben diese und das Land überhaupt eine Anziehung auf das Wasser derart aus, daß dessen Oberfläche am Strande weiter vom Erdmittelpunkt entfernt ist, als auf hoher See. Folgende Skizze (Fig. 4) erläutert diese Verhältnisse, die natürlich stark übertrieben hier dargestellt werden mußten. Immerhin können diese Niveauunterschiede recht beträchtlich sein; so liegt nach Walther der Meeresspiegel bei St. Helena dem Erdmittelpunkte um 847 m näher als an der gegenüberliegenden westafrikanischen Küste, und an den Bonin-Inseln im Stillen Ozean gar um 2000 m näher als an der Küste Südamerikas.

Auch die Gezeiten, Ebbe und Flut, wirken auf die Gestaltung der Meeresfläche ein. Wir werden noch später Gelegenheit haben, auf diesen Punkt näher einzugehen. Von

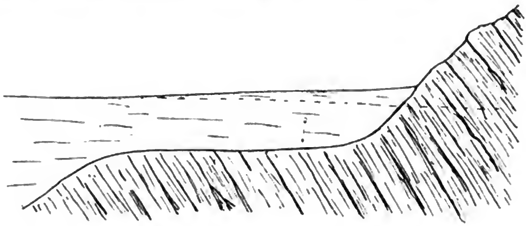


Fig. 4. Anziehung des Meerwassers durch die Festlandmassen.

großem Einfluß auf das Meeresniveau ist auch das Vorherrschen von bestimmten Windrichtungen, die das Wasser vor sich aufstauen. Darauf ist auch wohl der Umstand zurückzuführen, daß der Spiegel der Ostsee bei Memel ca. $\frac{1}{2}$ m höher steht als an der Küste von Jütland. Starke Verdunstung hat in fast abgeschlossenen Meeresteilen, z. B. im Roten Meere, eine Senkung des Wasserspiegels zur Folge, zumal wenn größere Flüsse fehlen oder wenn die Verbindung mit dem offenen Ozean so schmal ist, daß der Ausgleich nur langsam sich vollziehen kann; starke Niederschlagsmengen erhöhen umgekehrt den Wasserstand solcher Meeresteile. Von sehr geringem Einfluß ist endlich auch der auf dem Wasser lastende Luftdruck; man hat berechnet, daß dem Steigen des Barometers um 1 mm eine Erniedrigung des Meeresspiegels um 13,6 mm theoretisch entspricht.

III. Abschnitt.

Das Relief des Meeresbodens und die Ablagerungen der Tiefsee.

Den zahlreichen Lotungen, die in den letzten Jahrzehnten ausgeführt worden sind, verdanken wir es, daß wir uns heute ein einigermaßen richtiges Bild von der Gestaltung des Meeresbodens machen können. Den Grund zu dieser Erforschung des Bodenreliefs legte vor ungefähr 60 Jahren der amerikanische Ozeanograph M. F. Maury, der veranlaßte, daß die von den Schiffern geführten Logbücher an die Seewarten abgeliefert wurden, wo das auf zahlreichen Seefahrten gesammelte Material wissenschaftlich verarbeitet werden sollte. Seit dieser Zeit wissen wir, daß das die ungeheuren Meeresbecken nicht einfache Mulden sind, sondern daß die zahlreichen Furchen und Rillen, die sich bei dem Schrumpfungsvorgang der erkaltenden Erde bildeten und den Untergrund für unsere heutigen Gebirge abgaben, sich, wie zu erwarten war, auch auf den Meeresboden wiederfinden. Aber in einem hatte man sich doch getäuscht; steile Berge, jähe Abstürze, enge Thäler giebt es auf dem Meeresboden, sobald wir uns von der Küste genügend entfernt haben, nicht, wenn wir von den später gebildeten vulkanischen Inseln und den Korallenbauten absehen. Die ungeheure Länge der Zeit hat mit den ununterbrochen sich absetzenden Sinkstoffen alle schroffen Übergänge wie mit einem Leichentuch überdeckt. Dazu kommt ferner, daß auf dem Meeresboden fast alle die Kräfte fehlen, die unsere Festlandsmassen in jeder Minute und Sekunde verändern. An ihnen nagen Hitze und Frost; Regen, Schnee und Hagel bröckeln und lösen beständig kleine Teilchen von der festen Erdrinde ab, Lawinen, Gletscher, Flüsse und Bäche vollenden das Zerstörungswerk, führen hier die Trümmer fort und tragen sie dort an. Besteht so auf dem Festlande das

Bestreben, das Bestehende zu vernichten, so auf dem Meeresboden das des Aufbauens, des Ausgleichs aller Gegensätze. Im tiefen Schoße der See ist ewige Ruhe. Die Wellen des wütendsten Sturmes, die ein stolzes Schiff mit Leichtigkeit zertrümmern können, vermögen in größere Tiefen als 200 m nicht mehr einzudringen. Tiefe Schluchten, scharfe Grate finden wir also auf dem Meeresboden nicht, dafür aber Hoch- und Tiefebenen, sanft ansteigende Bergzüge, deren Spitzen sich als Inseln über den Wasserspiegel erheben.

Von allen Meerbecken kennen wir das des Atlantischen Ozeans, der am meisten als Seeweg dient und die größte Anzahl von Kabelleitungen in seinen Tiefen beherbergt, naturgemäß am besten. Was seinen Untergrund anbetrifft, so glaubte man noch zu Humboldts Zeiten, daß er ein einziges tiefes Becken darstelle, einen breiten Graben, der alte und neue Welt trennt. Ein Blick auf eine Tiefenkarte der Ozeane belehrt uns eines anderen. Ein mächtiger Höhenrücken von der Gestalt eines lateinischen S durchzieht diesen Ozean in seiner ganzen Länge von Norden nach Süden; er giebt in seinem Verlaufe also ungefähr die Richtung der beiden Küsten der alten und der neuen Welt wieder. An einigen Stellen erreicht dieser unterseeische Gebirgszug eine solche Höhe, daß seine Spitzen als Inseln aus dem Ozeane hervorragen, das sind die Azoren, die felsigen Spitzen von St. Paul, Aszension, und Tristan da Cunha. Wenn wir von der nächsten Umgebung dieser Inseln absehen, so finden wir, daß den Rücken wohl tieferes Wasser bedeckt, daß dieser aber fast nirgends weiter als 3000 m vom Meeresspiegel entfernt ist. Durch diesen Gebirgszug, der sich im Norden in dem Azorenrücken fortsetzt und sich an das berühmte Telegraphenplateau anschließt, während sein südlicher Teil Challengerrücken genannt wird, zerlegt man das Becken des Atlantischen Ozeans in zwei Rinnen längs den Festländern. Die westliche ist die tiefere, in ihr finden sich viele Senkungen unter 6000 m, von denen die bedeutendsten die Jungferntiefe im Norden der kleinen Antillen und das langgestreckte, am Äquator beginnende und nord-südlich verlaufende Brasilien-Becken sind. Im Norden und Süden geht der unterseeische Rücken wahrscheinlich in den plateauartigen Grund der Polarmeere über. Bemerkenswert sind noch zwei von ihm ausgehende Ausläufer; der eine geht nach Südwestafrika hinüber und bildet

so eine unterseeische Schranke in der östlichen Rinne, der andere weist auf New-York zu.

Weniger bekannt, aber jedenfalls einförmiger ist das Bodenrelief des Großen Ozeans. Seine Küsten unterscheiden sich in einer Beziehung wesentlich von denen des Atlantischen Ozeans; sie sind nämlich umsäumt von einem dichten Kranz noch thätiger und erloschener Vulkane, die, wenn wir auf Neuseeland beginnen, sich über die Neuen Hebriden, die Salomon-Inseln und über die guirlandenartig der ganzen Westküste Asiens als Inseln vorgelagerten Festlandsreste erstrecken, im Norden sich über die Aleuten fortsetzen und auf der Westküste von Mittel- und Südamerika ihre größte Häufung erhalten. Da die vulkanische Thätigkeit fast nur dort sich zu großer Mächtigkeit entfaltet hat, wo Bruchstellen in unserer festen Erdrinde eine Verbindung zwischen Oberfläche und Erdinnerem ermöglichten, so stellt sich uns das Becken des großen Ozeans als eine ungeheure Festlandsscholle dar, die abgesunken und dann vom Meere bedeckt worden ist. Die Übergänge in dieses Becken vom Festlande her sind zum Teil sehr schroff; den bedeutendsten Steilabfall finden wir längs den Kurilen und den nördlichen japanischen Inseln, wo der Boden sehr rasch eine Tiefe von 8000 m und mehr erhält, sowie an der Küste von Mittel- und Südamerika, hier wenigstens in seinem nördlichen Teile, wo ein plötzlicher Übergang zu 4000 m Tiefe stattfindet.

Wie uns die zahlreichen von Südosten nach Südwesten streichenden Inselreihen zu erkennen geben, hat diese untergesunkene Festlandsscholle einst einen horizontalen Druck etwa aus der Richtung von der Halbinsel Alaska erhalten. Innerhalb einer der durch diese seitliche Pressung entstandenen Falten fand der „Pinguin" die erwähnte größte Meerestiefe über 9000 m. Wenn wir von diesen unterseeischen Kettengebirgen, dessen höchste Erhebungen als Inselreihen aus dem Wasser herausragen, absehen, scheint der Boden des Großen Ozeans ein ziemlich einförmiges Relief zu haben. Nur im Norden finden wir dem Beringsmeer vorgelagert ein großes tieferes Becken, das im Westen in die eben genannte Tuskaroratiefe übergeht.

Eine ähnliche Gleichförmigkeit hinsichtlich des Bodenreliefs herrscht auch auf dem Grunde des Indischen Ozeans. Auch hier tritt letzterer uns als ein großes Plateau entgegen, von

dem durch die von Madagaskar nach Vorderindien streichenden Inselgruppen ein kleinerer Teil abgetrennt wird. Abgesehen von den großen Randinseln beherbergt der Indische Ozean in seinem nördlichen Teile zahlreiche kleine Koralleninseln und einige vulkanischen Ursprungs (Amiranten und Seychellen). — Über das Bodenrelief der beiden Polarmeere ist außer dem bereits Gesagten bis jetzt noch nichts Sicheres bekannt.

Wir erwähnten schon vorhin die Thatsache, daß an einigen Küstenstrichen der Übergang zwischen Festland und Meeresboden ein sehr steiler ist. Es kommt oft vor, daß die 1000 m-Linie der 200 m-Linie näher liegt als diese der Küste. Das ist aber nicht die Regel, denn meistens ist den Kontinenten und den Inseln ein flacher Meeresboden vorgelagert, und erst dann geht letzterer schnell zu größeren Tiefen über. Man rechnet diesen Saum bis zu der Linie, die alle Punkte von annähernd 200 m Tiefe verbindet, und nennt ihn deshalb die 200 m-Stufe. Stellenweise reicht er aber nur bis zur Tiefe von 80 m, während man ihn andererseits manchmal bis zur Tiefenlinie von 800 m verfolgen kann. Dieser auch wohl Kontinentalplateau oder Festlandsockel genannte flache Meeresboden ist eine sehr auffallende Erscheinung. Wie ein Blick auf die Karte der Meerestiefen zeigt, ist er von sehr verschiedener Breite. Wo große Flüsse in Meere münden, die von Strömungen wenig heimgesucht werden, wo also die aus dem Lande mitgeführten Sinkstoffe ungehindert zu Boden fallen können, kann die unterseeische Festlandstufe eine sehr bedeutende Ausdehnung erhalten. Das ist z. B. der Fall bei dem Hoangho, dessen gelbe Schwemmmassen dem Meeresteil, in dem sie abgelagert werden, bekanntlich die Bezeichnung des Gelben Meeres eingetragen haben. Der Hoangho durchfließt ein Land, das mit einer hunderte von Metern mächtigen Schicht von Löß bedeckt ist, einem lockeren, sehr fruchtbaren Lehm, nach der Ansicht der Geologen ein Staub, den die Winde im Laufe von Jahrtausenden zusammengetragen haben. Seine abgeschwemmten Massen haben den Boden des Gelben Meeres allmählich so erhöht, daß die Festlandstufe sich im Norden bis an die japanischen Inseln erstreckt. Auch der Amazonenstrom führt ungeheure Massen von Schwemmgebilden dem Meere zu, wie man ausgerechnet hat in jeder Stunde 80000 cbm. — Wo aber in die Nähe der Flußmündungen Meeresströmungen reichen, da führen diese

die Sinkstoffe mit sich und lassen sie zu Boden fallen, sobald Inselreihen oder enge Wasserstraßen ihren Lauf verzögern. An vielen anderen Küstenstrichen, wo wir eine sehr breite Festlandstufe vorfinden, läßt sich aber deren Entstehung nicht so ohne weiteres erklären; wir müssen annehmen, daß sie einfach der unter Wasser gesetzte Rand des Festlandes ist, an dessen Erhöhung die einmündenden Flüsse immerhin einen mehr oder weniger großen Anteil gehabt haben mögen.

Wenn durch irgend eine große Revolution auf der Erdoberfläche der Meeresspiegel sich um 200 m senken würde — und das wäre in Anbetracht der im Vergleich zum Erddurchmesser so dünnen Wasserschicht nur eine sehr unbedeutende Veränderung — so würde unsere Erdkarte mit einem Schlage ein ganz anderes Bild bieten. Die Britischen Inseln hätten als Inseln aufgehört zu existieren, ja der ganze Boden der flachen Nordsee und die nähere Umgebung dieser Inseln im Westen wäre trocken gelegt. Der Ostrand Amerikas wäre besonders im Süden weit hinausgeschoben, die zahlreichen Inseln, die heute in seinem Norden den Weg durchs Eismeer verlegen, wären Festland geworden, nur die Westseite würde annähernd dasselbe Aussehen zeigen wie heute. Eine breite Landbrücke, der Boden des heutigen Beringsmeeres, würde dann Amerika mit dem asiatischen Kontinente verbinden, dessen Masse noch dadurch bedeutend vergrößert wäre, daß sein Festland im Norden sich bis unter das ewige Polareis erstrecken würde und auch im Osten, besonders im Gelben und Südchinesischen Meere, viel Zuwachs an Land erhalten hätte. Nur ein schmaler Meeresarm würde es von Australien trennen, mit dem wir auch die Insel Neuguinea verbunden sähen. Am wenigsten würden die Umrisse der afrikanischen Festlandsscholle durch eine derartige Revolution verändert; nur ihre Spitze würde ein wenig nach Süden vorgeschoben werden.

Derartige mächtige Umwälzungen in der Verteilung von Wasser und Land haben nun zu verschiedenen Malen das Antlitz der Erdoberfläche von Grund aus geändert und dabei die Gesteinsformationen geschaffen, die die geologische Wissenschaft heute unterscheidet. Die jeder Vorstellung unsererseits spottenden gewaltigen Kräfte ruhen aber auch heute noch nicht; sie geben uns durch drohendes Murren bei Erdbeben ihre Unzufriedenheit mit den heutigen Verhältnissen auf der Erdober-

fläche zu erkennen und zeigen uns insbesondere durch ihre Ausfallthore, die Vulkane, daß ihre Macht nicht gebrochen ist, sondern nur schlummert. Es besteht nun offenbar eine große innige Freundschaft zwischen den Vulkanen und dem Weltmeere. Wir wissen bereits aus dem früher Gesagten, daß erstere sich vornehmlich an den heutigen oder ehemaligen Festlandsrändern, wie z. B. auf den Inselguirlanden Ostasiens bildeten, also auf den großen Bruchlinien der festen Erdrinde, offenbar, weil dort dem Ausbruche des flüssigen Erdinnern am wenigsten Widerstand geboten wurde. Diesen in Reihen angeordneten Vulkanen stehen die Gruppenvulkane gegenüber, die mehr im Innern der Ozeane entstanden, sich dem Auge heute als mehr oder weniger zusammenhängende Haufen von vulkanischen Inseln darbieten und meist als steile Berge vom Meeresboden aufsteigen. Sie fallen auch allmählich der Zerstörung durch Wind und Wetter, durch die Brandungs- und Gezeitenwelle zum Opfer. Aber nicht alle diese Vulkane werden so hoch sein, daß sie als Inseln sich über den Meeresspiegel erheben; es liegt kein genügender Grund gegen die Annahme vor, daß auf dem Meeresboden eine ebenso große Anzahl von kleineren Vulkanen verborgen liegt und noch der Entdeckung harrt. Allerdings ist unsere Kenntnis von vielen Teilen des Meerbodens besonders im Gebiete des Großen Ozeans, trotz der zahlreichen Lotungen, noch eine ziemlich mangelhafte. Daß solche Bildung vulkanischer Inseln auch noch zu unserer Zeit vor sich geht, dafür ist ein treffendes Beispiel die rätselhafte Insel Ferdinandea im Mittelmeer. Sie entstand im Jahre 1813 zwischen Sizilien und der Insel Pantellaria durch vulkanische Thätigkeit; ihr aus losen Auswurfsmassen bestehender Grund wurde allerdings noch in demselben Jahre ein Opfer der Zerstörungswut der Wellen. Ebenso sind derartige Inseln, unter dem Auge der Menschen entstanden und wieder geschwunden, auch von den Azoren und von der isländischen Küste bekannt, und erst im Jahre 1894 ist im Kaspischen Meere ein unterseeischer Vulkan aufgefunden worden, der dicke Schlammmassen auswirft. Eine große unterseeische Bank, aus vulkanischen Felsen und Sand bestehend, wurde 1896 von der „Princesse Alice" auf ihrer dritten Reise bei den Azoren aufgefunden, auch nördlich von diesen im Atlantischen Ozean befinden sich vulkanische Bodenerhebungen. Weitere Untersuchungen werden jedenfalls feststellen, daß derartige wenn auch

bedeutend kleinere vulkanische Erhebungen aus dem Meeresgrund keine Seltenheiten sind. Wie E. Rudolph vor wenigen Jahren durch die Bearbeitung einer großen Anzahl von Schiffsberichten nachgewiesen hat, sind manche Gegenden auf dem Meeresgrund ganz besonders vulkanischen Einflüssen, d. h. unterseeischen Beben und Ausbrüchen ausgesetzt. Das ist ja nicht so sehr zu verwundern, wenn man bedenkt, daß ja auch auf dem Festlande die Vulkane sich in ganz besonderen Centren häufen. Ein solches Gebiet stellt nach Rudolph die äquatoriale Zone des Atlantischen Ozeans; es umgiebt auch die felsige St. Pauls-Insel.

Der Vulkanismus und seine Thätigkeit hängt nun aufs innigste mit einer wissenschaftlichen Streitfrage zusammen, die auch heute noch nicht als gelöst angesehen werden kann, die Frage nach der Entstehung der Koralleninseln. Diese steinernen Riesenbauten, hervorgebracht durch das einträchtige Zusammenleben und -wirken unzähliger winziger Tierchen, erheben sich steil ansteigend von dem Meeresgrunde oft aus der beträchtlichen Tiefe von über 1000 m bis an den Meeresspiegel. Wenn er erreicht ist, arbeitet Wind, Welle und Wetter an der Zerstörung der Gipfel und schafft so eine Humusdecke für eine mehr oder weniger reiche Vegetation. Die Korallen gehören bekanntlich zu den Hohltieren oder Coelenteraten; ihr strahlig gebauter, sackförmiger Körper, dessen Wand nach innen zu gefaltet erscheint, trägt um den Mund sechs bis acht feine Arme, mit deren Hilfe die Tiere ihre Nahrung herbeiholen. Blumentiere nannte man sie wohl, als ihre tierische Natur allgemeine Anerkennung gefunden hatte. Und das ist noch nicht allzulange her, denn als im Jahre 1727 Peysonel der Pariser Akademie eine Schrift vorlegte, in der er behauptete, daß die bisher als „Pflanzen ohne Blumen, von harter, fast steiniger Natur" betrachteten Korallenstöcke Erzeugnisse von Tieren seien, wurde er ob dieses seltsamen Irrtums ausgelacht. Man dachte nämlich nur an die harten Kalkgerüste in den zoologischen Sammlungen; die Blüten, d. h. die Tierchen (Fig. 5) selbst, wurden erst spät entdeckt. Die Korallenstöcke bilden das Buschwerk des Meeresbodens besonders an den Küsten. Starr strecken sie ihre bräunlich bis rötlich leuchtenden Äste und ihre schirmförmigen Bauten nach allen Seiten aus, ein Schirm neben und über dem anderen, so daß das Ganze terrassenförmig an-

steigt, und die Gesamtmasse der Kalkbauten selbst der wilden Brandung einen unbesiegbaren Wall entgegenstellt.

Am bekanntesten von diesen tierischen Baumeistern ist wohl die Edelkoralle (Corallium rubrum) des Mittelmeeres und der Nordwestküste Afrikas (Fig. 5), deren rotes Kalkgerüst aus Tiefen bis zu 200 m heraufgeholt und nach Entfernung der dünnen Fleischschicht hauptsächlich in Livorno, Neapel und Genua zu allerlei Schmuckgegenständen verarbeitet wird. Sie bildet aber nur kleine Stöcke mit vergleichsweise wenigen Einzeltieren.

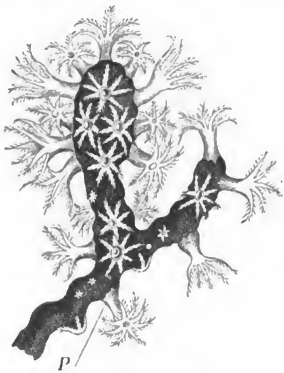


Fig. 5. Edelkoralle.
(Nach Lacaze Duthiers aus Claus.)

Ungleich massigere Bauten von baum-, schirm- oder kugelförmiger Gestalt stellen die riffbildenden Korallen her. Vor allem gehören dahin die Löcherkorallen oder Madreporarien (Porites, Madrepora [Fig. 6], Turbinaria u. a.), darunter die massigen, tiefer lebenden Sternkorallen oder Astraeen und die großen, einzeln oder in Kolonien lebenden Fungien. Daneben wirken bei diesen

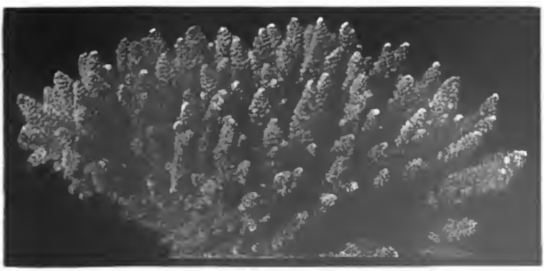


Fig. 6. Riffbildende Koralle (Madrepora). (Nach Klunzinger aus Hertwig.)

Bauten, die, was Größe und Masse anlangt, alle menschlichen Bauten weit hinter sich lassen, auch noch Alcyonarien (Heliopora) und Polypen (Millepora), sowie von pflanz-

lichen Gebilden die Kalkalgen (Lithothamnium) mit. Die zarten und mannigfaltigen Farben der Korallen rufen den Eindruck unterseeischer Gärten oder Blumenwiesen hervor. Johannes Walther, dessen „Meereskunde" wir die nebenstehende Skizze (Fig. 7) entnehmen, ein genauer Kenner der Korallen und ihrer submarinen Bauten, giebt von diesen Gärten folgende Schilderung: „Von dem kleinen Orte Tor (an der Küste der Sinaihalbinsel) haben wir nur wenige Schritte bis zum Meer. Ein smaragdgrüner Saum von 300 m Breite zieht sich längs des Ufers hin, es ist das Korallenriff, das an dem dunklen Blau des tieferen Wassers scharf abschneidet. Rasch wandern wir durch das fußtiefe Wasser dem Riff zu; und indem die Tiefe zunimmt, stellen sich auch, mitten im weißen Sande, die ersten Korallenstöcke ein. Es ist die Gattung Stylophora, die Griffelkoralle, deren fußhohe Stöcke aus rotgelben fingerdicken Ästen bestehen. Noch sind die Korallen sehr vereinzelt und zwischen ihnen auf dem Sande bemerken wir tausende von schwarzen Seeigeln, deren Stacheln leicht in unsern Fuß dringen, weshalb wir langsam und vorsichtig weiterschreiten. Das Wasser wird metertief, und die Korallenstöcke werden zahlreicher und mannigfaltiger. Hier sehen wir die olivenbraunen Schirme der Madrepora (Fig. 6), dort die klumpenförmige braune, mit spangrünen Streifen versehene Kolonie einer Coeloria. Und während die Stylophora immer seltener wird, nehmen die Madrepora immer mehr an Zahl und Größe zu, bis wir endlich in einem bunten Korallengarten stehen. Wie in einem englischen Park zwischen blühenden Buschgruppen und buntfarbigen Blumenbeeten sich sandbedeckte Wege verschlingen, die sich bald zwischen hohen Büschen verschmälern, bald zu kiesbedeckten Plätzen erweitern oder in eine schattige Grotte münden, so verhalten sich die sandbedeckten Riffgebiete zu den bunten Korallenkolonien. In den inneren, der Küste nahen Riffteilen wandelt man zwischen flachen Korallenbeeten in 1 m tiefem Wasser umher; nach außen zu, da wo das Riff mit steiler Kante gegen das tiefere Meer abstürzt, werden die Korallenkolonien zu 2 bis 3 m hohen Gruppen, und der Sand nimmt engere Räume ein."

Zu dem Gedeihen der Korallen ist eine gewisse Wärme nötig; deshalb kommen sie nur dort vor, wo diese nicht unter 20° sinkt. Der 25. Breitengrad ungefähr bildet im Norden

und Süden des Äquators die Grenze ihres Verbreitungs-

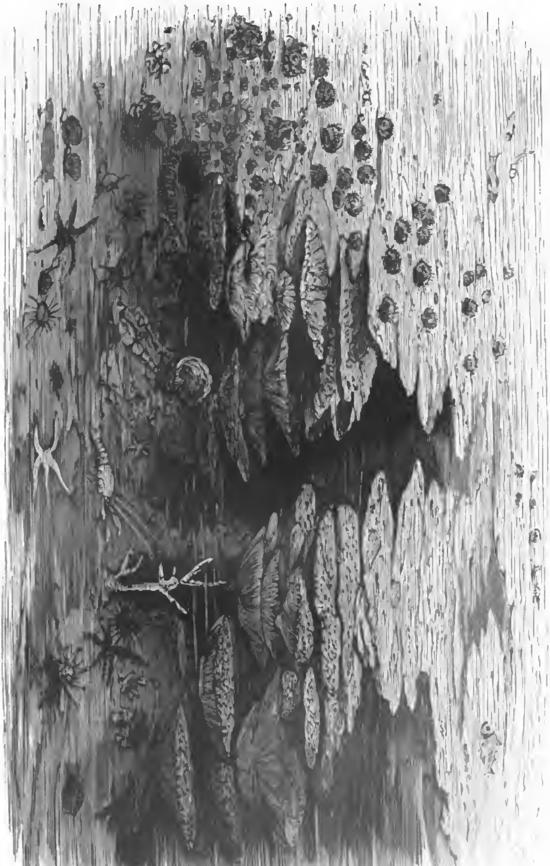


Fig. 7. Ein Korallenriff im Roten Meer. (Aus Walther.)

gebietes; nur da, wo warme Oberflächenströme die Temperatur des Wassers erhöhen, wie im Osten des amerikanischen und

asiatischen Festlandes, verschiebt sich diese Grenze polwärts, während wegen der kalten Wasser des Peru- und Benguelastromes im Westen von Südamerika und Afrika die Riffkorallen ganz fehlen. Am großartigsten treten von ihnen gebaute Inseln im Indischen und Großen Ozean und an den westindischen Inseln des Atlantik auf. Die Tiere lieben klares, bewegtes Wasser, das ihnen frische Atemluft und Nahrung zuführt, und kommen in einer Tiefe bis zu 40 m vor; nur wenige riffbildende Korallen leben in Tiefen bis zu 80 m. Auch in der Tiefsee kommen Korallen vor, aber sie sind entweder Einzeltiere oder bilden wegen der Kalkarmut der Tiefen nur kleine Stöcke; eine größere Ablagerung von Tiefseekorallen, die bis auf einige 100 m sich bis zur Oberfläche erhebt, wurde auf dem Pourtalès-Plateau bei Florida nachgewiesen. Fungia symmetrica wurde vom „Challenger" aus einer Tiefe von über 3200 m heraufgeholt und der Meeresgrund zwischen Schottland und den Faroeern trägt stellenweise ganze Blumengärten von Tiefseekorallen.

Wir können die Werke der Riffkorallen in Küstenbauten und Hochseebauten einteilen. Die Bildung derselben geht im Vergleich zu den Tiefseeablagerungen in viel kürzerer Zeit vor sich; ein im Indischen Ozean aufgefundenes Kabel hatte sich in wenigen Jahren mit einer zwei Fuß hohen Kalkschicht bedeckt. Von den Küstenbauten erheben sich die Saumriffe nahe dem Strande auf festem Meeresgrunde und wachsen bis in die Nähe des Meeresspiegels. Derartige Saumriffe finden sich besonders ausgebildet an den Küsten des roten Meeres, wo die Kalkmassen von Porites solida u. a. zum Häuserbau Verwendung finden, ferner bei Ceylon, Florida und den Nikobaren. Wo Flüsse ihr Süßwasser ins Meer senden, finden sich Lücken, da die Korallen dort sich nicht ansiedeln. Die Damm- oder Wallriffe haben zwischen sich und der Küste eine Wasserstraße, die an dem großen, fast 2000 km langen Wallriffe an der Nordküste Australiens „Great Barrier" genannt, 75 bis 90 km stellenweise breit ist. Sie erheben sich 3 bis 4 m über das Meer, tragen dort, wo die Flut eine Humusschicht geschaffen hat, oft reichen Pflanzenwuchs und sind dann auch bewohnt. Die Lücken in den meist steil aus dem Meere aufsteigenden Wallriffen bilden oft den Zugang zu den schützenden Häfen. Solche künstlichen Dammbauten ähnliche Riffe von oft ansehnlicher Ausdehnung weisen

vornehmlich die Karolinen, Neukaledonien (750 km lang), die Viti-Inseln (30 km breit), die Gesellschafts-Inseln u. a. auf.

Die Ringinseln oder Atolle (der Name stammt von den Malediven) sind Hochseebauten. Es sind dies steil aus dem Meere aufsteigende Inseln von mehr oder weniger kreisförmiger Gestalt und einer Ringbreite von meist 1000 bis 1300 m. Im Innern findet die Senkung allmählich statt und geht in eine Lagune über. Meist ragen nur kleine Teile des Ringes aus der Flut empor, sind an der Wetterseite mit einer mäßigen Bodenschicht bedeckt und dann auch öfters bewohnt. Von den Atollen weist der Stille Ozean allein 300 Ringinseln auf, von denen allein 70 bis 80 auf den Paumotu-Archipel kommen; die größten sind die Malediven und Lakkadiven im Indischen Ozean. An der der Strömung entgegengesetzten Seite sind oft Kanäle vorhanden, die zu ausgezeichneten Häfen führen.

Die Frage nach der Entstehung der Atolle ist auch heute noch nicht gelöst. Während man früher annahm, daß diese Korallenwerke von mehr als 1000 m Mächtigkeit vom Meeresgrunde aus allmählich bis zur Oberfläche erbaut seien, wissen wir heute, daß die Tiere nur in geringer Tiefe zu leben vermögen. Die erste und bald darauf ganz allgemein angenommene Erklärung ihrer Entstehung gab Darwin, der im Jahre 1837 auf seiner Weltumsegelung mit Fitzroy die Kokos-Inseln im Südwesten der Sundastraße untersucht hatte. Die ringförmige Gestalt der Atolle führte ihn zu der Annahme, daß jedes derselben ehemals ein Küstenriff gewesen sei, das eine Insel umgeben habe. Im Laufe der Zeiten habe der Meeresboden und mit ihm die Inselberge sich allmählich gesenkt, und dieser Senkung hätten die Korallen Schritt für Schritt nachgearbeitet, bis die Insel unter dem Wasserspiegel verschwunden und an ihre Stelle eine Lagune getreten sei. Jedes Atoll ist also nach Darwin das Denkmal einer entschwundenen Insel. James Dana schloß sich Darwin an und erweiterte diese Theorie noch. Aber es stellten sich doch allmählich Zweifel ein. Der Wiener Geologe Sueß behauptete gerade das Gegenteil: nicht der Grund des Meeres hat sich gesenkt, sondern sein Spiegel hat sich gehoben; ein Landsmann Darwins, Guppy, konnte geradezu eine Hebung des Bodens in der Paumotu-Gruppe nachweisen, und Semper sogar das gleichzeitige Vorkommen aller drei Entstehungsarten im

Palau-Archipel feststellen. Im Gegensatz zu Darwin und den Anhängern seiner Theorie verwarf Murray (und vor ihm Chamisso) jede Hebung oder Senkung des Bodens; unterseeische Gipfel und vor allem Vulkane haben auch nach ihm die Grundlagen für die Siedelungen der Korallentiere abgegeben, aber erst nachdem ein Regen von Foraminiferenschalen und anderen Planktonresten ihren Gipfel so weit erhöht hatte, daß die Korallen ihre Thätigkeit in dem nunmehr seichten Wasser beginnen konnten. Von den Lagunen nahm er an, daß sie später durch Auflösung entstanden seien. Auch Krämer meint, daß unterseeische Vulkane, in ihrer Form durch Meeresströmungen verändert, den Untergrund der meisten Atolle bilden. Andere neue Untersucher, wie Gerland und Dahl, geben darin, daß die Inseln sich gesenkt haben, teilweise wieder Darwin recht, allerdings nicht in ganz demselben Sinne. Hatte letzterer angenommen, daß der ganze Meeresboden eine solche Senkung erfahren habe, so behauptet Gerland, daß nur die Inseln davon betroffen seien. Jedes Atoll befindet sich nach letzterem Beobachter auf einem Vulkan, der bei seinen Ausbrüchen seinen Gipfel erniedrigt oder erhöht hat. Es kann bei ganz benachbarten Kratern vorkommen, daß der eine sich hebt, der andere sich senkt, wie Gerland an der Paumotu-Gruppe nachweisen konnte. Auch Dahl konnte im Bismarck-Archipel Hebungen und Senkungen des Untergrundes nachweisen. Freilich stehen nach Gerlands Ansicht die submaniren Vulkane in einem viel näheren Verhältnis zum Erdinnern als die des Festlandes. Doch das würde uns hier zu weit führen; jedenfalls sprechen bei der Entstehung der Atolle eine ganze Reihe und zum Teil sehr verschiedene Faktoren mit, deren Zusammenfassung und Scheidung späteren Untersuchungen überlassen bleibt. Darwin selbst sprach einmal den Wunsch aus, daß irgend ein reicher Mann sich finden möchte, der auf einer Koralleninsel Bohrungen ausführen ließe. Dieser Wunsch ist von der englischen Regierung und Privatgesellschaften erfüllt und 1896 eine Expedition nach Funafuti, einer der Laguneninseln der Südsee (9° südl. Br., 179° westl. L.), gesandt worden, die dort im Korallenkalk Bohrungen anstellen und endlich eine Antwort auf die Frage geben soll, ob die Atolle auf Vulkanen aufgebaut sind, oder ob auch unter der Tiefenlinie, bis zu der die Korallen zu leben vermögen, Korallenkalk angetroffen wird, und wie tief er reicht. Die Arbeiten, die anfangs

mit manchem Mißgeschick zu kämpfen hatten, sollen womöglich bis 400 m Tiefe fortgesetzt werden. So weit die Nachrichten (1899) verlauten lassen, ist man heute bis 240 m Tiefe vorgedrungen, ohne etwas anderes als Korallen- und Muschelreste zu finden, so daß jedenfalls für die Laguneninseln die scharfsinnige Hypothese Darwins Recht zu behalten scheint.

Durch die zahlreichen Grundproben, die seit der Reise des „Challenger" aus den Tiefen der Ozeane an das Tageslicht gebracht worden sind, sind wir heute in den Stand gesetzt, uns auch über die Zusammensetzung dieser Bodendecke ein im allgemeinen richtiges Bild zu machen. Nicht nur bei Gelegenheit der Lotungen bringt der Peilstock eine Probe des von ihm berührten Bodens herauf, sondern auch die Schleppnetze enthalten von ihm sehr oft mehr als erwünscht ist. Die Erforschung des Meeresbodens stößt natürlich auf weit größere Schwierigkeiten als die der Festlande; der „submarine" Geologe kann nicht mit seinem Hammer arbeiten, er muß sich allein auf die Oberflächenschicht des Bodens beschränken und ist, da auch sein Auge nicht in die finsteren Tiefen zu dringen vermag, in Bezug auf die Ausbreitung einer Bodenart lediglich auf den Vergleich einer möglichst großen Anzahl von Grundproben angewiesen. Auf ganz dieselben Schwierigkeiten würde vergleichsweise jemand stoßen, der es unternähme, von einem in der Höhe des Montblanc-Gipfels schwebenden Luftballon aus durch Herabsenken von Netzen und anderen Apparaten die Zusammensetzung des festländischen Bodens zu untersuchen. So ist es nicht wunderbar, daß unsere Kenntnis von der Natur des Meeresbodens noch große Lücken aufweist und noch viele ungelöste Fragen in sich birgt. Die Untersuchungen über die Häufigkeit anstehenden Gesteins und seine Zusammensetzung sind noch sehr mangelhaft, und deshalb konnte auch die Kunde so überraschen, daß unlängst auf dem Boden des nördlichen Atlantischen Ozeans Gesteinssplitter in 3100 m Tiefe gefunden wurden, die sich nach Untersuchungen als ein dem Obsidian ähnliches Glas herausstellten. Immerhin sind uns aber heute gewisse Bodenbezirke in dieser Hinsicht genauer bekannt als manche schwer zugänglichen Gebiete auf dem Festlande, so daß wir schon jetzt wohl von einer unterseeischen „Geologie" reden dürfen, wenn auch in diesem Wort ein gewisser Widerspruch zu liegen scheint.

3*

Die Ablagerungen auf dem Meeresboden kann man nach Murray in fünf Arten einteilen, die man als Küstenablagerungen, Globigerinenschlamm, Diatomeenschlamm, Radiolarienschlamm und verschieden gefärbte Thone unterscheidet. Dazu kommen noch als mehr lokale Sedimente vulkanischer Sand, Korallensand und der rote Schlamm an der brasilianischen Küste, gebildet durch die Lateritmassen, die die Flüsse dem Innern des Landes entführen.

Was zunächst die Küstenablagerungen anbetrifft, so haben die Untersuchungen gezeigt, daß der Meeresboden höchstens in der Nähe von Steilküsten, wo die Brandungswelle wütet, von festem anstehendem Gestein gebildet wird. Sonst setzt sich der Seeboden in der Nähe der Küsten aus feineren oder gröberen Trümmern des festen Landes zusammen, die die Flut oder die Brandung losgerissen hat, oder durch die Schwemm- und Geröllmassen, die von den Flüssen aus dem Innern des Landes mitgeführt wurden und sich an deren Mündung zu Boden setzten. Nicht immer aber fallen sie schon dort nieder, sondern manchmal kann dieser terrestrische Detritus durch Strömungen weit fortgeführt werden, wie bei den Sinkstoffen des Orinoko und Amazonas, die von der Süd-Passat-Trift mitgerissen werden. So setzen sich die Küstenablagerungen aus den Trümmern aller der verschiedenen Gesteine zusammen, die die Festländer aufweisen, untermischt mit den Skelettresten zahlreicher Tiere der Küstenfauna. Ein Produkt dieser Gesteinstrümmer ist ein Thon, der seiner Farbe wegen der blaue Thon genannt wird, eine weiche plastische Masse, die an der Luft bald braun wird.

Je mehr wir uns von der Küste entfernen, desto anders gestaltet sich die Zusammensetzung des Meeresbodens; nicht mehr der Schutt der Landmassen ist es, der ihn bildet, sondern er besteht, anfangs oft gemischt mit den Schalen von Flügel- und Kielschnecken (Pteropodenschlamm), aus einem feinen Sediment, über dessen Zusammensetzung uns nur das Mikroskop Aufschluß geben kann. Wenn wir mit letzterem Bodenproben aus den wärmeren Teilen des Atlantischen Ozeans untersuchen, so finden wir, daß der dort allgemein verbreitete gelbgraue klebrige Schlamm, der getrocknet weiß und deshalb wohl als Kreideschlamm bezeichnet wird, aus unzähligen, zum Teil sehr zierlichen Gehäusen gebildet wird, die Schneckenhäusern oder Ammoniten ganz ähnlich sehen und früher auch

dafür gehalten wurden. Das sind die Schalen der Foraminiferen oder Kämmerlinge (Fig. 8), kleiner, nur aus einer einzigen Zelle bestehender und deshalb zu den Protozoen oder Urtieren gehörender Wesen, die während ihres Lebens imstande sind, den im Meerwasser gelösten kohlensauren Kalk in sich aufzunehmen und auf ihrer Oberfläche in Gestalt von Gehäusen, die mehr oder weniger zahlreiche Öffnungen tragen, auszuscheiden. Aus diesen Öffnungen werden die Scheinfüßchen, einfache fadenförmige Ausflüsse des schleimigen Körperchens, mit denen diese Wesen ihre Nahrung ergreifen, ausgestreckt. Da eine Art dieser Foraminiferen, die Globigerina, mit ihren Schalen den weitaus größten Anteil an der Bildung dieses Bodenabsatzes hat, bezeichnet man ihn allgemein als Globigerinenschlamm. Ihre Zahl spottet jeder Beschreibung. So fand Gümbel in 1 ccm des Schlammes nach möglichst genauer Zählung 225 000 Schalen dieser Tiere oder Reste derselben; sie sind vermischt mit Sand- und Mineralkörnern, Kalk- und Kieselstäbchen anderer Tiere und winzigen Teilchen kosmischen Staubes, und gelegentlich finden sich auch darunter zahlreiche Kokkolithen und Rhabdolithen, die zierlichen Kalkplättchen und -stäbchen von Meeresalgen.

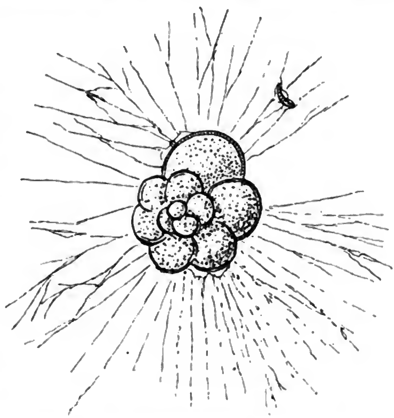


Fig. 8. Lebende Foraminifere (Rotalia) mit ausgestreckten Scheinfüßchen.

Der Globigerinenschlamm bedeckt nach ungefährer Schätzung 127 qkm des heutigen Meeresbodens und findet sich nach Murray erst 75 bis 100 km von der Küste entfernt, und zwar in Tiefen von 450 bis 5000 m; er bedeckt einen großen Teil des Atlantischen Ozeans, wo sein Gebiet infolge des Golfstromes weiter nach Norden reicht als im Süden. In kälteren Meeren tritt an seine Stelle der Biloculinaschlamm, so zwischen Island und

Spitzbergen. Dieser Kämmerling lebt auf dem Meeresboden, die Globigerina und ihre Verwandten sind aber Bewohner des freien Wassers, in dem sie sich mittels ihrer langen Fortsätze schwebend erhalten; erst sobald sie absterben, sinken ihre Schalen langsam zu Boden. Ein ununterbrochener Regen dieser Kalkschalen, wenn dies Bild hier gebraucht werden darf, rieselt also auf den Meeresboden hernieder. Er ist eine einzige riesige Begräbnisstätte; wie auf einem Friedhofe lagern hier die Skelette von Freund und Feind dicht nebeneinander. Die Foraminiferen haben einen nicht unbedeutenden Anteil an der Bildung unserer festen Erdrinde gehabt; ganze Gebirge sind aus ihren Schalen aufgebaut. So sind die Kreideberge Rügens fast ganz von ihnen gebildet; die Schalen eines anderen Kämmerlings, der Miliola, haben den Kalkboden des Seinebeckens geschaffen und einem großen Teile von Paris die Bausteine geliefert. Jahrtausende lang haben sich die Ablagerungen solcher Kalkschalen auf dem Boden der ehemaligen Meere angesammelt, der Druck des Wassers und der darüber liegenden Schichten hat sie fest zusammen gepreßt und verkittet, und als bei einer späteren Störung der Erdrinde die Verteilung von Land und Wasser auf ihr eine andere wurde, verhärtete sich die ganze Masse zu dem heutigen Gebilde.

In je größere Meerestiefen wir hinabsteigen, desto mehr nehmen allmählich die Foraminiferenschalen ab. Früher nahm man an, daß es der mit der Tiefe und dem steigenden Druck zunehmende Kohlensäuregehalt sei, der die Kalkschalen auflöse. Thatsächlich sind die tiefen Schichten des Meeres auffallend kalkarm, der Grund hiervon ist uns aber, wie wir später sehen werden, zur Zeit noch nicht recht bekannt. An die Stelle der Foraminiferen treten im Indischen und auch in einigen Teilen des Stillen Ozeans die Kieselschalen der Diatomeen Dies sind bekanntlich meist mikroskopisch kleine, auch frei im Wasser schwebende, einzellige Algen von gelblicher bis brauner Färbung, die im Leben die im Wasser gelöste Kieselsäure aufnehmen und sie in Gestalt von oft sehr zierlichen Kieselpanzern abscheiden. Das Mikroskop zeigt uns oft überraschend schöne Formen von Schiffchen, Scheiben und Stäbchen, aus zwei Teilen wie eine Schachtel gebildet, deren Flächen wie in getriebener Arbeit erscheinen. Auch im süßen Wasser finden sie sich in hübschen Formen, und auch sie haben thätigen

Anteil am Bau unserer Erdrinde genommen; auf solcher Diatomeenerde steht bekanntlich ein Teil der Stadt Berlin.

Eine andere Ablagerung von Kieselpanzern stellt der Radiolarienschlamm dar, der im Atlantischen Ozean fast gänzlich

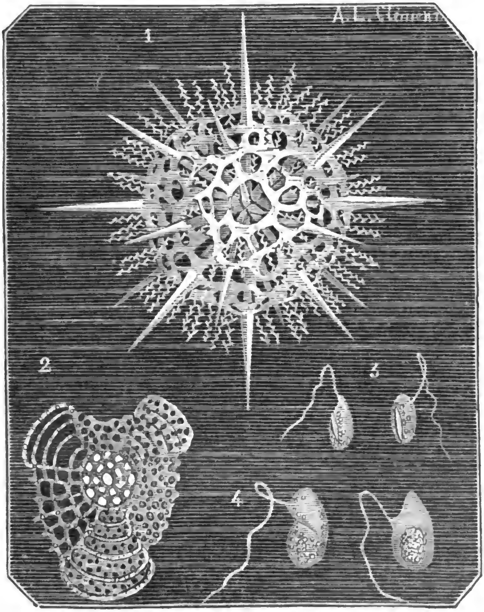


Fig. 9. Radiolarien aus dem Oberflächenwasser des Mittelmeeres.
1. Lychnaspis, 2. Euchidonia, 3. 4. Sporen. (Aus Marshall.)

fehlt, dagegen im Westen und in der Mitte des Großen Ozeans in der Tiefe von 4000 bis 8000 m große Teile des Meerbodens bedeckt. Er stellt trocken ein gelbbraunes feines Pulver dar. Auch die Radiolarien (Fig. 9) oder Gittertierchen sind pelagische, d. h. frei im Wasser lebende, einzellige Urtiere von meist kugeligem Bau; aber auch andere sehr hübsche Formen sind häufig vertreten. Der zarte Körper dieser Tierchen wird durch Kieselstrahlen, die vom Innern ausgehen,

gewissermaßen getragen und im Wasser in der Schwebe gehalten; innere und äußere Kapseln stützen diese Strahlenbüschel und schaffen somit Formen von überraschender Schönheit. Dazwischen finden sich auch Reste von anderen Tieren, zierlich gebildete Sechsstrahler und Nadeln (Fig. 10) von Kieselschwämmen u. s. w.

Den größten Teil des Meeresbodens bedecken aber von 5000 m an bis zu den tiefsten Stellen Schichten von ganz anderer Zusammensetzung, der rote Tiefseethon, eine durch

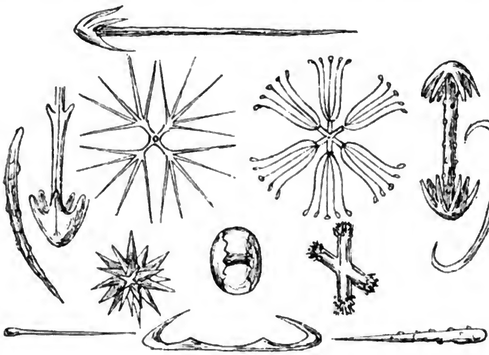


Fig. 10. Kieselnadeln und Kieselsterne verschiedener Schwämme.

Eisenoxyd und Mangan bald heller, bald dunkler gefärbte Masse, die an der Luft hart wie Töpferthon wird. Er enthält neben Kieselnadeln von Gittertierchen und Schwämmen sehr feine Flitterchen von kosmischem Staub, aus Magnet- und Titaneisen bestehend, dazu in großen Mengen die Auswurfsmassen unterseeischer und oberirdischer Vulkane. Die Herkunft dieser so weit verbreiteten Ablagerung ist auch heute noch nicht ganz klar; während Thomson für ihn ebenfalls eine animalische Entstehung annehmen zu müssen glaubte, stellte Murray die heute wohl am meisten geltende Ansicht auf, daß er anorganischen Ursprungs sei. Über unterseeische Vulkane wissen wir, wie wir bereits sahen, nichts Feststehendes; wahrscheinlich ist ihre Verbreitung aber viel größer als wir bislang annahmen. Aber auch die Auswurfsmassen der festländischen

Vulkane fallen ins Meer und werden durch Luftströmungen oft sehr weit fortgeführt. So wurde ein Regen von vulkanischer Asche und Bimsteinstücken, die der Vulkan Coseguina in Mittelamerika im Jahre 1835 auswarf, 1500 km weit fortgetragen, und Walther teilt mit, daß die Asche des Krakatau von der Sundastraße sogar 3000 km weit durch Winde fortgeführt wurde. Die Bildung dieses roten Tiefseethones muß aber ungeheuer langsam vor sich gehen; wohl Jahrtausende sind nötig, um den Boden in eine nur wenige Finger dicke Schicht einzuhüllen. Durch nichts wird die langsame Entstehung dieser unterseeischen Bodenschicht so gut erläutert, als durch das bemerkenswerte Vorkommen der Reste von Wirbeltieren in ihm. Das Schleppnetz hat nämlich vom Grunde des roten Thones eine große Menge von Haifischzähnen, von den festen, über faustgroßen runden Knochen aus den Felsenbeinen der Waltiere sowie Gehörsteine von Knochenfischen heraufgebracht. Die Haifischzähne gehören zum Teil Formen an, die heute nicht mehr leben und uns sonst nur als Versteinerungen des Tertiärs Kunde von jenen längst entschwundenen Zeiten geben. Nicht nach Jahrhunderten kann die seitdem verflossene Zeit gemessen werden, und doch genügt das Wühlen des Schleppnetzes im weichen Meeresboden, sie freizulegen. Sie sind oftmals schalenförmig umgeben von einem festen, Braunstein und Eisenoxyd enthaltenden Thon und bilden dann die sogenannten Manganknollen, die in der Größe einer Haselnuß bis zu der eines mäßigen Apfels vorkommen und von Gümbel als Erzeugnisse unterseeischer Sprudelquellen angesehen werden. Auch vulkanische Bimsteinstückchen und Mineralkörnchen können als Kerne dieser Knollen auftreten, die stellenweise den Meeresboden sehr dicht bedecken.

IV. Abschnitt.

Die Temperaturverhältnisse der Ozeane.

Schon seit den langen Jahren war bekannt, daß das Meerwasser an der Oberfläche verschiedene Temperaturen hat, und man wußte auch, daß die Wärme des Wassers am Meeresspiegel im allgemeinen von den Polen nach dem Äquator zu zunehme. Die neueren Untersuchungen haben diese Ansicht bestätigt. Zur Feststellung der Oberflächentemperatur bedarf man nur eines genau gehenden Thermometers. Anders verhält es sich mit der Wärmemessung der Tiefsee. Noch Herschel stellte den Grundsatz auf, daß in großen Tiefen überall eine gleichmäßige Temperatur von ca. 4° C herrsche. Die Ausmessung der Bodentemperatur im Meere stellte aber auch ungleich viel größere Anforderungen an die Apparate als die Bestimmung der Oberflächenwärme. Zunächst handelte es sich darum, Thermometer herzustellen, die den außerordentlichen Druck in den Tiefen aushielten und trotzdem genaue Angaben machten. Der „Challenger" hatte Tiefseethermometer an Bord, die einen Druck von 3500 kg auf den Quadratzoll aushielten, was dem Gewichte einer etwa 4800 m hohen Wassersäule entspricht. Als nun einst die Instrumente in fast 7000 m Tiefe versenkt wurden, kamen zwei von ihnen zerdrückt an Bord zurück. Deshalb wird das viel angewandte Tiefseethermometer von Miller-Casella auch in eine feste Kapsel gesteckt, und der Raum zwischen dieser und dem eigentlichen Thermometer mit Alkohol ausgefüllt. Der Apparat von Miller-Casella ist im Grunde genommen ein Maximum- und Minimum-Thermometer, das durch zwei Schwimmer die höchste und niedrigste erreichte Temperatur selbständig registriert. Mit Hilfe dieses Thermometers konnte man also feststellen, welchen niedrigsten Wärmegrad die Wassersäule an dem Orte erreichte, wo es versenkt

wurde. Es kommt aber bei den Temperaturmessungen des Meerwassers in vielen Fällen weniger auf diesen Punkt an, als vielmehr darauf, zu erfahren, wie sich diese in den verschiedenen Meeresschichten verteilt, welche Temperatur in dieser, welche in jener herrscht. Für diese Messungen geeignete Thermometer (Fig. 11) verfertigen seit 1878 Negretti und Zambra in London. Ihr Hauptunterschied von den sonst gebräuchlichen besteht darin, daß das Rohr oberhalb des Quecksilberbehältnisses, wo zugleich sein Lumen sich verengert, einen knieförmigen Knick erhalten hat. Stellt man ein solches Thermometer auf den Kopf, so reißt an der verengten Stelle der Quecksilberfaden ab und behält bis auf ganze geringe Unterschiede seine bis dahin erreichte Länge bei. Von diesen Umkehrthermometern werden nun eine Anzahl in gewissen Abständen an dem Lotungsdraht befestigt und in die gewünschte Tiefe versenkt. Dann werden durch Gewichte, die man hinabgleiten läßt, durch einen einfachen Mechanismus die Thermometer der Reihe nach herumgedreht, und sie verbleiben in dieser Stellung, bis sie heraufgeholt werden. Es ist klar, daß die Apparate für die Messung der Tiefseetemperaturen in Bezug auf Druck und Leistungsfähigkeit sehr genau gearbeitet sein müssen und auch öfterer Nachprüfung bedürfen.

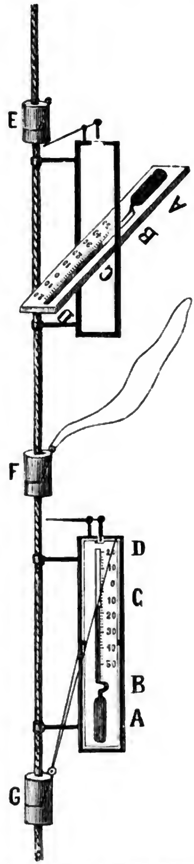


Fig. 11. Umkehrthermometer nach Murray. (Aus Walther.)

Wir wenden uns jetzt zu den Wärmeverhältnissen im Meere sebst. Sowohl die Lufthülle als auch die Wasserhülle, die die Erde umgiebt, erhält ihre Wärme von der Sonne. Ihre warmen Strahlen werden entweder von der Erd- und Wasseroberfläche aufgesogen, oder reflektiert und wieder abgegeben. Die Luft wird also von unten her durch Aus-

strahlung erwärmt, das Meer von oben her durch Wärmeleitung. Deshalb sehen wir, daß dort, wo beide Elemente zusammenstoßen, also am Meeresspiegel, beide annähernd dieselbe Temperatur haben; die Luft ist durchschnittlich um 1° C kälter als das Oberflächenwasser. Je weiter wir uns von der gemeinsamen Wärmequelle entfernen, desto mehr nimmt die Temperatur in beiden Richtungen ab. Die Bedeutung der Oberflächenwärme für das Klima der den Küsten benachbarten Länder ist bekannt; wir werden bei der Besprechung der Meeresströmungen noch näher darauf eingehen müssen. Das Meerwasser erwärmt sich langsamer als die Landmassen, kühlt sich aber auch langsamer ab als diese und wirkt somit ausgleichend. Wenn wir auf eine Karte blicken, auf der die Jahresisothermen verzeichnet sind, d. h. Linien, die die Orte gleicher Durchschnittstemperatur im Jahre verbinden, so sehen wir, daß diese auf den Ozeanen einen viel regelmäßigeren Verlauf zeigen als auf dem Festlande; sie nehmen dort, soweit sie nicht durch Strömungen beeinflußt werden, fast parallele Richtung an. Die Temperaturgegensätze und die Jahresschwankungen sind auf dem Meere viel geringer als auf dem festen Lande. Sie betragen z. B. auf dem Atlantischen Ozean unter 35° nördlicher Breite nur 7,3°; im Februar ist die Durchschnittstemperatur 16,7°, im August 24° C. Minima und Maxima der Erwärmung treten auf dem Meere viel später ein als auf dem Festlande; erstere erst im Februar oder März, letztere im August oder September. Im allgemeinen sind die Ozeane auf der nördlichen Halbkugel an ihrer Oberfläche wärmer als unter den entsprechenden südlichen Breiten; das hat darin seinen Grund, daß nach Süden hin, wie wir noch sehen werden; eine offenere Verbindung mit dem kalten Südpolarwasser besteht. Die höchste Oberflächentemperatur von 32,5° fand die Polaexpedition im Roten Meere.

Die verschieden erwärmten oberen Schichten der Meere üben auf die darüber liegenden Luftschichten einen ähnlichen Einfluß aus, wie wir ihn von großen Landmassen kennen. Wir wissen heute, daß auf den Ozeanen dort, wo große Temperaturunterschiede des Oberflächenwassers sich vorfinden, auch die Heimat der Stürme ist. Viele von ihnen, die über den Atlantischen Ozean herüber zu uns kommen, sind im Süden von Neufundland und Neuschottland entstanden, wo die

warmen Gewässer des Golfstromes einen auffallenden Temperaturgegensatz zu den kalten Strömen aus dem Norden bilden. Auch der Süden vom Kap der Guten Hoffnung ist bekanntlich durch große und schwere Stürme ausgezeichnet, die ebenso wie im Südwesten von Südamerika und im Nordosten von Japan solchen Temperaturgegensätzen an der Oberfläche ihre Entstehung verdanken.

Ein vollständiger Umschwung hat sich infolge der Tiefseeforschung aber mit unseren Ansichten über die Wärmeverteilung in den tieferen Wasserschichten vollzogen. Wie schon gesagt, glaubte man auf Grund der Beobachtungen von Dumont d'Urville (1826—29), Wilkes (1839—42) und James Roß (1839—42) annehmen zu müssen, daß der Meeresgrund von einer gewissen Tiefe an überall eine gleichmäßige Wärme von + 4° C zeige, eine Temperatur, bei der bekanntlich das süße Wasser seine größte Dichte besitzt. Es mußte nach dieser Annahme also in den Polarmeeren eine Zunahme der Temperatur bis + 4° stattfinden, in den Äquatorialgegenden eine entsprechende Abnahme nach der Tiefe zu. Zwischen beiden sollte auf jeder Halbkugel ein Gürtel vorhanden sein, auf dem das Meer von oben bis unten die gleiche Wärme habe, die „homotherme Grundschicht", die Nord und Süd beidemale wie eine Mauer trenne.

Die Wärmemessungen der Meerestiefen in den letzten Jahrzehnten haben diese Vorstellung, die sich allgemeiner Anerkennung erfreute, ganz über den Haufen geworfen. Allerdings dringen die wärmenden Wirkungen der Sonnenstrahlen in nur sehr geringe Tiefen ein, da das Wasser sehr viel Wärmestrahlen verschluckt und sie auch schlecht fortleitet. So machen sich die Jahresschwankungen schon in 150 bis 200 m Tiefe, die Gegensätze der Lufttemperatur am Tage schon in geringerer Tiefe nicht mehr bemerkbar. Im Roten Meere ist der Einfluß der letzteren höchstens bis 100 m Tiefe nachweisbar. Von 180 m an abwärts herrscht in den Meeren jahrein, jahraus dieselbe Temperatur.

Die zahlreichen Reihentemperaturen, die zur Feststellung der senkrechten Wärmeverteilung gemessen worden sind, haben demgemäß auch gezeigt, daß die Wärme des Meerwassers im allgemeinen mit zunehmender Entfernung von der Oberfläche bis zum Boden hin abnimmt. Diese Abnahme erfolgt inner-

halb der ersten 300 m sehr rasch, dann langsamer bis zur Tiefe von ungefähr 1100 m. Von hier bis in die größten Tiefen ist die Temperatur eine ziemlich gleichmäßige und bewegt sich zwischen 0° und + 2°, in den Polargegenden kann sie auf dem Grunde bis unter — 2,5° sinken.

Die nebenstehende graphische Darstellung (Fig. 12) der Temperaturabnahme im Atlantischen und Stillen Ozean, die von Hann aus Mittelwerten aus verschiedenen Reihentemperaturen zusammen gestellt ist, läßt die Verhältnisse deutlich erkennen. Danach verläuft die Wärmeabnahme im äquatorialen Teil des Stillen Ozeans zwischen den beiden Breitengraden von 3° folgendermaßen:

Tiefe in m:	Temperatur:	Unterschiede:
0	28,0° C	
		6,3° C
180	21,7	
		11,7
360	10,0	
		2,5
540	7,5	
		1,3
720	6,2	
		1,2
900	5,0	
		0,8
1080	4,2	
		0,7
1260	3,5	
		0,5
1440	3,0	
		0,5
1620	2,5	
		0,3
1800	2,2	
		0,2
1980	2,0	
		0,1
2160	1,9	
		0,1
2340	1,8	
		0,1
2520	1,7	
		0,1
2700	1,6	

Anfangs macht sich demnach noch die Oberflächenwärme bemerkbar, dann aber erfolgt die Temperaturabnahme sehr rasch und die Kurve fällt steil; je tiefer wir aber gelangen, desto geringer werden die Unterschiede, bis sie schließlich fast unmerklich sind.

In den Tiefen der Ozeane kündet also das hinabgelassene Thermometer nur eiskaltes Wasser; so fand die Valdivia-Expedition im Atlantischen Ozean ein wenig südlich vom Äquator bei fast 5700 m Tiefe eine Temperatur von nur 1,9° C.

Der Unterschied zwischen Oberflächen- und Bodentemperatur ist natürlich an den Polen am geringsten; er betrug an der Westküste von Grönland (nach Walther) bei einem senkrechten Abstand von 3000 m 3° bis — 1,5°, also 4,5°. In den tropischen Meeren mit stark erwärmter Oberfläche ist er natürlich bedeutend größer; so stellte die „Gazelle" im tropischen Teile des Stillen Ozeans einen Unterschied von 29° bis 1,6° = 27,4° fest bei dem gleichen Abstand von 3000 m. Die geringe Wärme in den Tiefen der Ozeane hat darin ihren Grund, daß beständig von den Polen her zum Äquator Ströme kalten Wassers auf dem Boden hinziehen, ein

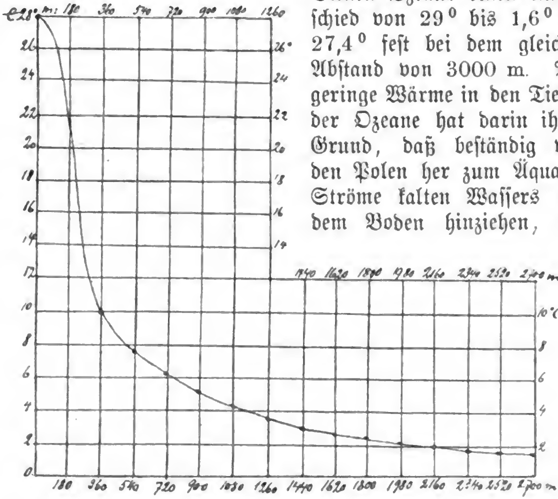


Fig. 12. **Temperaturabnahme im äquatorialen Teil des Stillen Ozeans zwischen 3° nördl. und südl. Breite. (Nach Hann.)**

Ersatz für die in umgekehrter Richtung geführten Wassermengen der warmen Oberflächenströme. Die Mächtigkeit der ersteren mag vom Boden gemessen durchschnittlich 3600 m betragen.

Die Temperatur auf dem Grunde der Ozeane schwankt, wie wir sahen, um etwa 4,5°; dem Minimum von — 2,5° in den Polarmeeren steht ein Maximum von + 2° in den äquatorialen Breiten gegenüber. Wo aber liegt dieses Maximum? Man sollte denken, unter oder wenigstens in der Nähe des Äquators. Das ist aber nicht der Fall. Wenn wir auf dem Boden der Atlantik vom Äquator her nach Norden mit dem

Thermometer in der Hand wandern könnten, so würde dieses anfangs ungefähr 0° zeigen; wenn wir uns aber vom Äquator entfernen und nach Norden wandern würden, so träfen wir Temperaturen von + 1° bis + 2° an, erst bei weiterer Annäherung an die Polarmeere würde es 0° bis — 1,5° zeigen, bis wir in diesen selbst das Minimum von — 2° bis — 2,5° vorfänden. Also nicht unter dem Äquator finden wir die wärmsten Bodenschichten, sondern nördlich von ihm. Auch diese Erscheinung hat ihren Grund darin, daß von Süden her kalte Bodenströme ungehindert in die Ozeane eindringen können, während im Norden unterseeische Gebirge sich ihnen in den Weg stellen. Diese haben also auf die Wärmeverhältnisse der Tiefsee denselben Einfluß, wie ihn unsere festländischen Gebirge auf das Land ausüben, von dem sie die kalten Winde abhalten. So kommt es, daß im allgemeinen die südlichen Teile der Ozeane kälter sind als die unter gleichen Breiten befindlichen nördlichen für die Bodentiefe von 5000 m.

Im südlichen Atlantik fand die „Valdivia"

unter dem Äquator	+ 1,7° C
unter dem südlichen Wendekreise	+ 1,0° C
zwischen Kap d. g. H. und der Bouvet-Insel	+ 0,4° C
zwischen dem 55. und 64. Breitengrade . .	— 0,4° C

In noch offenerer Verbindung als der Atlantik steht der Große Ozean mit dem kalten Südpolarmeer; deshalb finden wir auch in letzterem in der Tiefe von 2700 m und mehr eine um 1° geringere Temperatur als in dieser. Lehrreich sind auch folgende Beispiele. Der südliche Atlantische Ozean wird, wie wir sahen, durch den südlich streichenden Challengerrücken in zwei tiefe Gräben geteilt; während nun westlich von diesem eine Bodenwärme von — 0,6° gemessen wurde, zeigt der östliche Graben eine Tiefentemperatur von + 1,9° also einen Unterschied von 2,5°, weil dort der vom Massiv des Challengerrückens nach der Westküste von Afrika hinziehende Querriegel ein Vordringen der kalten Bodenwasser verhindert. Ähnliche bedeutende Unterschiede sind auch aus dem Norden des Atlantischen Ozeans bekannt, wo eine unterseeische Erhebung zwischen Schottland und Island bis nach Grönland, die bis 500 m Entfernung vom Wasserspiegel steigt und zu Ehren des Leiters der Challengerfahrt Thomson-Rücken genannt wird,

die kalten Bodenwasser des Polarmeeres von den wärmeren des Atlantischen Ozeans trennt. Auf seinem nördlichen Abhang maß man — 0,6°, auf seinem Südabfall + 6 bis + 10° in derselben Tiefe (Walther); während im Norden eine reine Polarfauna angetroffen wurde, fehlten die diese kennzeichnenden Tiere, sobald man den Rücken überschritten hatte.

Derartige lokale Abweichungen von den allgemein geltenden Grundsätzen können aber auch dadurch hervorgerufen werden, daß die kälteren Bodenströme beim Zusammentreffen mit anderen emporgepreßt werden oder durch andere später zu erwähnende Einflüße steigen und sich dann über wärmere Ströme hinweg schieben können. Ein in solches Gemisch von wärmeren und kälteren Wassers hinab gelassenes Thermometer kann natürlich nicht die sonst bestehende allmählich zunehmende Temperaturerniedrigung vorfinden. So zeigten die Thermometer H. Mohns 1877 im Norden der skandinavischen Halbinsel unter dem 79. Breitengrad:

Oberfläche	11,6° C.	Abnahme.
in 18 m Tiefe	7,4	
„ 37 „ „	5,5	
„ 73 „ „	4,9	
„ 110 „ „	3,7	
„ 146 „ „	2,9	
„ 183 „ „	2,6	
„ 201 „ „	2,8	Zunahme.
„ 219 „ „	3,7	
„ 274 „ „	4,0	
„ 411 „ „	4,0	

Es fand sich also, daß von rund 190 m Tiefe an wieder eine Zunahme der Temperatur stattfand. Auch Scoresby konnte im nördlichen Eismeer in 1000 m Tiefe + 3° C feststellen. Aber es kann, wie aus dem vorhin Gesagten hervorgeht, durch Unterströmungen sogar der Fall eintreten, daß das Lot beim Hinablassen mehrere Schichten von verschiedenem Wärmegrad durchläuft; so wurde von der antarktischen Expedition, die 1892 das südliche Polarmeer auf seine Ergiebigkeit hinsichtlich des Walfischfanges untersuchen sollte, das Vorhandensein einer kälteren Zwischenschicht festgestellt, und spätere Untersuchungen werden wahrscheinlich noch weitere derartige Abweichungen von der Regel konstatieren, als bis jetzt bekannt ist.

Die Regeln über die Wärmeverteilung in den offenen Ozeanen lassen sich nach nach G. v. Boguslawsky also in folgende Leitsätze zusammenfassen:

1. Die Temperatur des Meeres nimmt im allgemeinen von der Oberfläche bis zum Boden ab, zuerst mehr oder weniger rasch, dann langsamer bis zur Tiefe von 400 bis 600 Faden[1]), wo eine durchschnittliche Temperatur von + 4° C herrscht, und von da ab noch langsamer bis zum Meeresboden, wo die Temperatur nicht nur in der gemäßigten Zone, sondern auch in den tropischen Teilen der Ozeane in größeren Tiefen zwischen 0° und + 2° beträgt, während sie in den Polargegenden bis zu — 2,5° C herabsinkt.

2. Die Temperatur jedes Teiles des Meerbodens und der über ihm liegenden Wasserschicht, welche mit einem der beiden Polarmeere in Verbindung steht, ist niedriger als diejenige, welche ihm nach der mittleren niedrigsten Wintertemperatur an der Oberfläche zukäme, und ist nur wenig höher als die des Meerbodens in den Polarmeeren.

3. Die allgemeine Erniedrigung der Temperatur des Meerbodens und der größeren Tiefen des Meeres kann nicht von der kalten Polar-Oberflächenströmung herrühren, sondern von einer mächtigen aber langsamen Wasserbewegung der genannten unteren Meeresschichten von den Polen nach dem Äquator zu, deren Mächtigkeit vom Boden aufwärts gegen 3660 m beträgt, wobei das kalte Bodenwasser unter niedrigen Breiten und dem Äquator selbst bis nahe an die Oberfläche emporbringt ....

4. Je größer und früher die Verbindung mit den Polarmeeren ist, desto niedriger sind an diesen Stellen die Tiefen und Bodentemperaturen ....

5. Die Bodentemperatur des Meerwassers in den Polarmeeren beträgt — 2° bis — 3° C und nimmt gegen den Äquator hin um weniges zu, so daß sie hier wenig über 0°, an manchen Stellen sogar unter 0° C beträgt. —

Die Regeln gelten aber nur im allgemeinen und nur für die offenen Ozeane. In Meeresteilen, wohin die kalten Bodenströme nicht gelangen können, wird die Tiefentemperatur eine höhere sein. Offenbar ist die Bewegung der ersteren eine

[1]) 1 Faden = ca. 1,8 m.

nur sehr langsame, da sie sonst die unterseeischen Schwellen leicht würden übersteigen können.

Das Mittelländische Meer ist so durch die Schwelle bei Gibraltar, die sich zwischen Kap Trafalgar und Kap Spartel bis auf 216 m dem Meeresspiegel nähert, fast ganz vom Atlantischen Ozean abgeschlossen und nur mit dessen wärmeren oberen Schichten in Verbindung. Deshalb nimmt dort im Sommer die Temperatur sehr rasch bis ca. 100 m Tiefe ab, am schnellsten zwischen 30 und 70 m, dann immer langsamer, von 400 m bis 1000 m nur noch um ca. $\frac{1}{2}^{0}$ C. Von 1000 m an abwärts findet keine nennenswerte Wärmeabnahme mehr statt, und bis zum Grunde herrscht eine nahezu gleichmäßige Wärme von ca. 13,5°. Im Winter kühlen sich auch die sonst wärmeren Oberflächenschichten stärker ab, und dann finden wir, daß eine gleimäßige Temperatur die ganzen Schichten vom Grunde bis zur Oberfläche durchzieht, daß das Wasser dann also die mittlere Wintertemperatur der Küstengebiete zeigt.

Im Roten Meer, wo eine ähnliche Schwelle bei der Insel Perim vorhanden ist, stellte Kapitän Puller zu verschiedenen Zeiten folgende Temperaturen fest:

an der Oberfläche . .	26—30° C,
in 731 m Tiefe . .	21,7° C,
in 1243 m Tiefe . .	21,4° C.

Von 700 m Tiefe an ist im Roten Meere, wie auch die Lotungen der Polaexpedition bestätigten, eine nennenswerte Temperaturabnahme nicht mehr nachweisbar. Die gleichmäßige Schicht beginnt dort schon bei 150 m Tiefe und erstreckt sich also auch bis auf den Boden, und man hat auch hier gefunden, daß diese für die betreffende Gegend gleich ist der durchschnittlichen Wintertemperatur an der Küste. Auch im Golf von Mexiko und im Karaibischen Meerbusen herrscht von 1300 m an bis in die Tiefen von 6000 m eine gleiche Wasserwärme von über 4°.

Ähnliche Verhältnisse können auch eintreten, wenn ein Teil des Meeresbodens sich beckenförmig gesenkt hat und von ringförmig angeordneten Bodenschwellen umgeben ist, ohne daß es zu einem abgeschlossenen Binnenmeere gekommen ist. Auch diese mehr oder minder geschlossenen Ringwälle werden kältere Bodenwässer abhalten, und von der Linie ihrer mittleren Er-

hebung an bis auf den Grund der Becken wird deshalb eine annähernd gleichmäßige Temperatur herrschen.

Dieser Mangel an Cirkulation schafft z. B. in der Zulu-See eine gleichmäßige Wärme von über 10° C vom Boden bis zur Höhe von 3600 m; in der China-See herrscht von 1800 m bis 3600 m eine gleichmäßige Temperatur von 2,3° C. So hängt also die Wasserwärme in größeren Tiefen auf das engste mit der mehr oder weniger innigen Berührung mit den kalten Bodenströmen zusammen.

V. Abschnitt.

Die horizontalen und vertikalen Bewegungen im Meerwasser.

Die „ruhelose Fläche" nannten die Alten das Weltmeer. In keinem Augenblicke sind die riesigen Wassermassen der Ozeane in träger Bewegungslosigkeit. Die durch die Oberflächenverdunstung salzreicher und dadurch schwerer gewordenen Wasserteilchen, die Temperaturunterschiede der oberen und unteren Schichten drängen jederzeit auf einen Ausgleich hin, die Winde stauen das Wasser vor sich auf und führen es fort, und andere Mengen müssen an die Stelle der abfließenden treten. Dieser Ausgleich, diese Cirkulation des Wassers, die sich sowohl in wagerechter als auch in senkrechter Richtung Stunde für Stunde vollzieht, ist nicht nur für die Existenz der Organismen des Meeres von der allergrößten Bedeutung, sondern auch für das Klima der Festländer.

Selbst die sonst nur langsam bewegten Tiefenschichten werden — wahrscheinlich öfter als wir denken — durch unterseeische Ausbrüche und Seebeben aus ihrer trägen Ruhe aufgescheucht, Vorgänge, die sich nur gelegentlich auch an der Oberfläche bemerkbar machen werden, dann aber mächtige, alles zerstörende Wellen den Küsten zusenden können. Noch im Januar 1898 fand an der istrischen Küste zwischen Isola und Kapo d' Istria ein starkes Meerbeben statt; das Meer trat mehrmals von seinem Ufer zurück und kehrte unter mächtigem Anprall wieder zurück. Auf offenem Meere sind die Erdstöße je nach ihrer Stärke entweder gar nicht wahrzunehmen, oder sie können alles an Deck Befindliche durcheinander werfen und das Meer in eine Bewegung bringen, daß es wallt und sprudelt wie kochendes Wasser. Manche Gegenden sind, wie Rudolph durch das Studium einer großen Anzahl von Schiffsberichten nach-

gewiesen hat, derartigen submarinen Erdbeben und Eruptionen ganz besonders ausgesetzt. Das ist leicht zu erklären, da ja auch auf dem Festlande vulkanische Erscheinungen hauptsächlich auf ganz bestimmte Gebiete beschränkt sind. Eine solche Gegend befindet sich, wie wir sahen, in der Äquatorialzone des Atlantischen Ozeans und schließt den St. Paulsfelsen in sich ein. Unsere Kenntnis von diesen Vorgängen in der Tiefe ist noch sehr gering. Von welch elementarer Gewalt derartige vulkanische Ausbrüche sind, davon zeugen folgende Angaben. Durch das Erdbeben, das im Jahre 1854 Simoda in Japan zerstörte, entstand eine Welle, die die Entfernung bis San Franzisko oder 8365 km in etwa $12^2/_3$ Stunden zurücklegte, das macht stündlich mehr als 660 km; die Wellenberge folgten in Abständen von je 35 Minuten aufeinander. Und bei dem großen Ausbruch in der Sundastraße, der im August 1883 die Insel Krakatau zerstörte, und dessen riesige Wellen die Nachbarküsten von Java und Sumatra verwüsteten, legten diese nach Wharton die rund 9000 km betragende Strecke bis an die Küste Ostafrikas mit einer Geschwindigkeit von etwa 720 km in der Stunde zurück. Die sehr langen Wellen kamen in Zwischenräumen von einer Stunde an und hatten noch eine Höhe von 30 bis 60 cm.

Die Erscheinung des periodischen Auf- und Niedersteigens des Meeresspiegels, die sich besonders an den Küsten bemerkbar macht, bezeichnen wir bekanntlich als Gezeiten oder Tiden. Zweimal täglich findet dieses Atmen des Meeres statt, die aufsteigende Bewegung nennen wir Flut, die absteigende Ebbe. Seit der denkwürdigen Festlegung der Gesetze der Gravitation durch Newton wissen wir, daß die Gezeitenwellen Wirkungen der Anziehungskraft des Mondes und der ungleich viel größeren, aber ungefähr 400 mal weiter entfernten Sonne auf die Erde sind (Fig. 13). Die fluterzeugende Kraft des Mondes ist ungefähr $2^1/_5$ mal größer als die der Sonne. Durch die Anziehung dieser Himmelskörper werden auf der ihnen zugewandten Seite der Erde die Wassermassen angezogen und dadurch die Flutwelle geschaffen, während auf der abgewandten Seite durch die Rotation der Erde eine etwas niedrigere Welle entsteht. Die von diesen Punkten um 90 Längengrade entfernten Orte haben zu gleicher Zeit Niedrigwasser oder Ebbe. Täglich umläuft also die Erde — im allgemeinen in einer ihrer Achsendrehung ent-

gegengesetzten Richtung von Osten nach Westen — eine Mondflut und eine Sonnenflut; letztere erzeugt eine Welle, die theoretisch noch nicht halb so hoch ist wie die erstere (Fig. 14). Wirken Mond und Sonne zusammen, d. h. stehen sie beide im Meridian, was zweimal monatlich bei Voll- und Neumond eintritt, so entstehen die Springfluten (Fig. 13, I, II, Fig. 14, A); stehen sie in der Quadratur (Fig. 13, III), so heben sich ihre Wirkungen

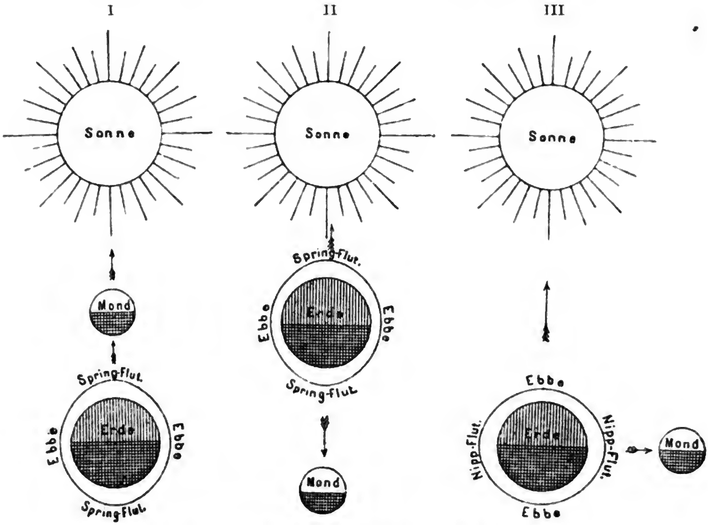


Fig. 13. Entstehung der Spring- und Nippfluten. (Aus E. v. Seydlitz.)
(Die Pfeile deuten die Richtung der Anziehung an.)

teilweise auf; wir haben eine taube oder Nippflut. Der Höhenunterschied zwischen beiden beträgt beispielsweise bei Helgoland, wo die Springflut 2,8 m steigt, 1 m. Auf dem umstehenden Schema (Fig. 14) bezeichnet die ausgezogene Linie den Verlauf und die Größe der Mondflut, die punktierte die der Sonnenflut, und die gestrichelte stellt die aus beiden resultierende Flut innerhalb 12 Stunden dar.

Der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser macht sich auf den tiefen Wassern der Ozeane und bei kleinen Inseln

nur wenig bemerkbar; sie beträgt nach Krümmel bei Tahiti 40 cm, bei Ascension 60 cm, bei St. Helena 90 cm, in Südgeorgien 80 cm, bewegt sich also auf den offenen Weltmeeren meist zwischen 0,50 und 1,0 m. Anders aber, wenn die Flutwelle auf felsigen Strand, an Steilküsten und vor allem in enger werdende Golfe läuft, wo die Wassermassen zusammengedrückt werden, wie im Bristolkanal und besonders in der Fundy-Bai zwischen Neuschottland und Neubraunschweig, wo die Springflut 16 m hoch steigt; im Codiac-Flusse werden sogar

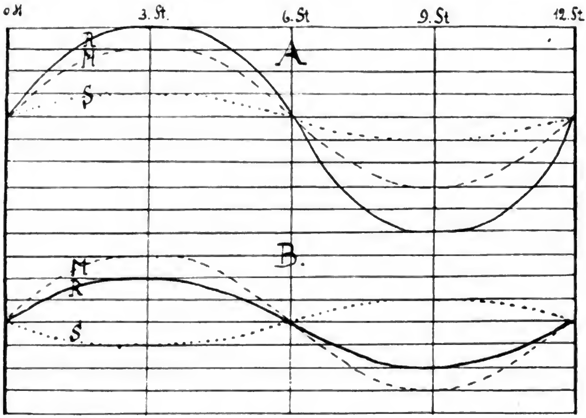


Fig. 14. Mond (M)-, Sonnen (S)- und die aus beiden resultierende Flut (R) bei Neu- oder Vollmond (A) und beim 1. oder 3. Mondviertel (B). (Nach Hann.)

20 m Fluthöhe angegeben. Das Eindringen der Flut in Flußmündungen schafft beispielsweise in der Garonne, im Amazonas, wo sie noch 800 km aufwärts nachweisbar ist, im Zambesi, in der Elbe und Weser eine aufwärts gerichtete Gezeitenströmung, die das Eindringen von Seeschiffen weit ins Land hinein ermöglicht und so die Existenz wichtiger Häfen (Hamburg, New-York u. a.), sogenannter Fluthäfen, bedingt. Bekanntlich geht man in neuerer Zeit daran, die gewaltige Kraft der Gezeiten auszunutzen, indem man entweder ihren Druck zu verwerten sucht oder aber die von ihr zugeführten Wassermassen auffängt und zum Treiben von Mühlen u. s. w. verwendet.

Wenn die ganze Erde von einer gleichmäßigen Wasserschicht umgeben wäre, müßte die Hauptflut jedesmal bei dem Durchgang des Mondes durch den Meridian des Ortes stattfinden, d. h. jedesmal nach 12 Stunden 25 Minuten. Auf den weiten Ozeanen kann sie sich mit gleichmäßiger Schnelligkeit weiter bewegen; sobald sie aber auf Landmassen stößt, bringt deren Küstenverlauf und das flachere Wasser eine Änderung und Verlangsamung mit sich. Nach Krümmel erreicht die Flutwelle — nach Greenwicher Zeit berechnet — um 2^h Kap Finisterre, trifft um 4^h am Eingang zum Ärmel-Kanal ein und kommt weitere zwei Stunden später durch die Straße von Dover und zugleich im Norden um die Hebriden herum in der Nordsee an, wo diese zwei geteilten Wellen schon Ungleichheiten hervorrufen. Den Unterschied zwischen der Kulmination des Mondes und dem wirklichen Eintritt der Flut nennt man die Hafenzeit eines Ortes.

Die ganz überraschenden Verschiedenheiten in der Erscheinung der Gezeiten beruhen, wie wir heute aus den Untersuchungen von Lord Kelvin, G. Darwin, Boergen, Airy u. a. wissen, darauf, daß ihre Bewegung nicht in einer Richtung verläuft, sondern aus vielen einander begegnenden und sich kreuzenden Wellen und Wellensystemen besteht. Die Hafenzeit eines Ortes durch Vorausrechnung sicher zu bestimmen, ist nach unserer heutigen Kenntnis unmöglich. Neben der Stellung von Mond und Sonne wirken auf die Flutwellen auch Luftdruck und Winde, ferner die Tiefe des Wassers, sowie die Landmassen und deren Küstenverlauf ein. An der Südwestküste Englands erreicht nach Wharton die Flut eine Höhe von 5 m und nimmt auf ihrer Wanderung nach Osten allmählich bis Poole (2 m) ab; von da erfährt sie eine Steigerung bis Hastings (8 m), und weiter nach Osten wird sie wieder kleiner. Das ist nur so zu erklären, daß die Welle an der französischen Küste abprallt und daß diese Reflexionswelle beim Aufstoßen auf andere diese entweder verstärkt oder schwächt. Auf solchen sich kreuzenden Wellensystemen beruht auch die Thatsache, daß manche Gegenden, wie die Mündung des Mississippi, nur eine Flut täglich haben, andere, z. B. die Ostküste von Schottland, mehr als zwei innerhalb 24 Stunden, nämlich alle vier Stunden den Eintritt einer Flut erwarten können. Nach Airy kann man überhaupt die Gezeitenwellen in halbtägige von

$^1/_2$ Erdumfang (20000 km) Länge, ganztägige, einen Erdumfang lange, und drittens solche, die in noch längeren Zwischenräumen (14 oder 29 Tage, $^1/_2$ und ein Jahr) auftreten, einteilen.

Auch die Binnenmeere haben ihre — natürlich kleineren — Flutwellen; im Mittelmeer erreicht die Springflut bei Toulon 14 cm, bei Neapel 34 cm; ganz schwach ist sie in der Ostsee (Kiel 7 cm, Memel 1 cm), und Spuren finden sich sogar in größeren Landseen, wie in den kanadischen.

Viel weniger bedeutend in ihrer Wirkung aber trotzdem auffallender ist die Erscheinung des Seeganges. Nur selten ist das Meer spiegelglatt; bei jeder Luftbewegung werden durch den ungleichen Druck des Windes auf die Oberfläche die Wasserteilchen in Bewegung gesetzt; es entstehen Hebungen und Senkungen des Spiegels, die Wellen, deren einzelne Wasserteilchen nach den Gesetzen des Pendels auf- und niederschwingen, bis endlich die Reibung die bewegende Kraft verzehrt. Die Größe der Wellen richtet sich nach der Stärke des Windes und seiner Dauer. Ihre Höhe, der senkrechte Abstand von dem höchsten Punkte des Wellenberges bis zur Sohle des Wellenthales, wird leicht überschätzt; sie dürfte auch beim heftigsten Sturme auf offenem Meere nicht mehr als 15 m betragen; genaue Messungen der Challenger-Expedition ergaben als Maximum $11^1/_2$ m. Wo jedoch die Wellen auf festen Widerstand stoßen, setzt sich ihre wagerechte Bewegung in eine senkrechte um, und da steigen die Brandungswellen oder „Rollers" haushoch. Eine berüchtigte Brandungsküste ist die von Madras in Vorderindien.

Die Länge der Wellen beträgt nach Skoresby das 10- bis 20fache ihrer Höhe. Nach Kapitän Stanley entspicht einer Wellenhöhe von rund 6 m eine Länge von 90 m und eine Geschwindigkeit von stündlich 46 km. Bei dieser schnellen Fortpflanzung der Bewegung bleiben die Wasserteilchen selbst am Ort, sie geben den erhaltenen Anstoß nur weiter und bewegen sich nur auf und nieder in der Bahn einer Trochoide, d. i. diejenige Linie, die ein Punkt der Peripherie eines Kreises beschreibt, der auf einem anderen rollt. Die Fortpflanzung dieser Bewegung ist schneller als die des Sturmes, und so ist es zu erklären, daß der in ruhigem Wasser sich fortsetzende Seegang oder die zurückbleibende Dünung Zeugnis geben kann von einem verheerenden Orkan, der vielleicht tausende von Seemeilen entfernt wütet oder gewütet hat, und so den Schiffen geradezu als Warnmittel dient.

Der Fortpflanzung der Wellenbewegung in die Tiefe sind engere Schranken gesetzt. Ihre Grenze liegt, wie man auf theoretischer Grundlage berechnet hat, 350 mal tiefer als die Wellenhöhe, doch diese Tiefe wird niemals erreicht, so daß es den pelagisch lebenden Tieren leicht ist, sich vor einem nahen Unwetter in die ruhigen tieferen Gründe zurückzuziehen.

Die wunderbare Erscheinung der Oberflächenströme im Meere, der Bewegung von Flüssen in den Ozeanen mit deutlich begrenzten Ufern und bedeutend wärmerem oder kälterem Wasser, war den Bewohnern der ozeanischen Küsten schon seit langem bekannt, wenn auch die Ursache ihrer Entstehung, ihr Verlauf und ihr Einfluß auf das Klima der Festländer erst viel später genauer erforscht und erkannt wurde. Holzstücke und Anschwemmungen, die nicht dem heimatlichen Boden entstammen konnten, machten wohl zuerst auf diese merkwürdigen horizontalen Bewegungen des Meeres aufmerksam; solche Fundstücke waren auch der erste Hinweis auf jene Trift von Ost nach West, der Nansen sich und sein Schiff mutig anvertraute. Sie machen sich des weiteren aber den Seeleuten noch bemerkbar durch die Schiffsversetzung, d. i. den Unterschied zwischen der berechneten und der durch Beobachtung der Gestirne festgesetzten Lage ihres Fahrzeuges, eine Erscheinung, die man nur durch eine Strömung erklären konnte. Die Schiffer fürchteten sie lange Zeit, da sie in ihnen die Direktion verloren, und erst spät erkannte man die Vorteile, die die Triften den reisenden Schiffen bietet, und seitdem benutzt man sie nach Kräften.

Einen dritten Beweis für die Bewegung der Wassermassen in horizontaler Richtung brachten die Flaschenposten; in früherer Zeit wurden sie ohne Absicht oder zu dem Zwecke ausgesetzt, Nachricht von Schiffsunfällen auf hoher See zu geben; heute hat sich die moderne Meereskunde ihrer mit Erfolg zur Erforschung der Meeresströmungen bedient, und namentlich die Deutsche Seewarte in Hamburg nnd das Hydrographische Amt in Washington haben in den letzten Jahren systematisch die Aussetzung solcher Flaschen betrieben und deren Weg verfolgt. Man darf bei der Beurteilung des Wertes derartiger Flaschenposten aber nicht vergessen, daß sie, wie es scheint, oft mehr den Winden als der Richtung der Oberflächenströme zu folgen scheinen. Von 15 Flaschen, die 1896—97 im Osten des australischen Festlandes aufgefunden wurden, waren nur drei dem von Norden

herkommenden Ostaustralischen Strom gefolgt; acht kamen von Süden, vier von Osten. Zwei Flaschen, die bei Kap Horn an der Südspitze Amerikas ausgesetzt und an der Küste von Viktoria aufgefunden worden waren, hatten 9000 Seemeilen, acht bis zehn täglich, zurückgelegt. Auch die noch ziemlich unbekannten Strömungen des Nordpolarmeeres, deren einer Nansen sein kühnes Unternehmen anvertraute, gedenkt man jetzt nach dem Plane Melvilles, eines Teilnehmers der Jeanette-Expedition, durch auf das Eis gelegte Tonnen zu erforschen. Aber immer noch sind Thermometer und Aräometer die hauptsächlichsten Hilfsmittel zur Erforschung der Meeresströme.

Früher machte man einen scharfen Unterschied zwischen den mehr oberflächlichen Triftströmungen, hervorgerufen durch die Winde, und den eigentlichen Meeresströmungen, verursacht durch die Temperaturunterschiede der polaren und äquatorialen Wassermassen und die dadurch hervorgerufene Veränderung des spezifischen Gewichtes des Seewassers. Heute wissen wir, daß Verschiedenheiten in der Temperatur und Dichte für die Entstehung der horizontalen Merresströme weniger ins Gewicht fallen als für die vertikale Cirkulation; für erstere sind die Hauptursachen die regelmäßig auf gewissen Gebieten der meerbedeckten Erdoberfläche herrschenden Winde und die Adhäsion des Wassers. Schon die Betrachtung einer Karte zeigt den engen Zusammenhang zwischen Windrichtung und Meeresströmung. Die Gebiete zu beiden Seiten des Äquators sind das ständige Reich der Passate, des Nordost- und Südostpassates. Infolge ihrer ständigen Richtung bringen sie die Äquatorialströme hervor, die so lange nach Westen fließen, bis sie auf Land stoßen und durch dieses gezwungen werden, nach Norden als Golfstrom und Kuro Schio, nach Süden als Brasil-, Ostaustral- und Agulhas- (und Maskarenen-) Strom auszuweichen. Nur im Gebiet des Indischen Ozeans kommt der Nordäquatorialstrom nicht so recht zur Ausbildung; hier erzeugen die nach den Jahreszeiten in ihrer Richtung wechselnden Monsune auch wechselnde Triften.

Die stetig wehenden Winde reißen zunächst die oberste Schicht des Wassers (Fig. 15) mit sich, diese teilt ihre Bewegung der nächsten mit, und diese Übertragung setzt sich entsprechend der Kraft der ursprünglichen Bewegung bis zu verschiedener Tiefe fort. Nun bleibt aber in Wirklichkeit weder die Richtung noch die Kraft der Winde ständig dieselbe; aber diese Veränderungen

können nur auf die oberen Wasserschichten einwirken, die unteren behalten ihre Richtung bei, denn sie ist nicht das Erzeugnis eines gerade heute herrschenden Windes, sondern „ein Produkt aller Winde, die seit ungezählten Jahrtausenden über die betreffenden Gegenden hinweg gestrichen sind" (Supan). Je weiter die Ströme, vom Ostrande der Festlandsmassen geleitet, sich vom Äquator entfernen, desto mehr büßen sie an Wärme ein und desto schwerer wird infolge der Verdampfung ihr Wasser; in den mittleren Breiten nehmen die dort herrschenden Westwinde die Bewegung der Strömung auf und befördern sie an die Westränder der Festlande, an denen entlang sie als relativ kalte Ausgleichströme zur Deckung der von den Passaten

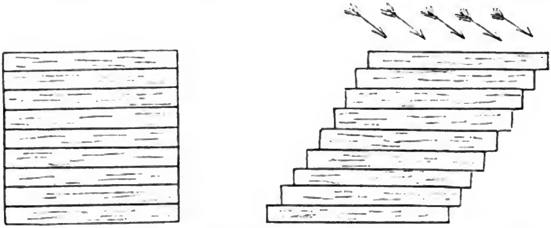


Fig. 15. Einfluß der Windrichtung auf die Bewegung der Wasserschichten.

fortgeführten Wassermengen als Westafrika- und Kalifornischer Strom, im Süden als Benguela-, Peru- und Westaustral-Strom dem Äquator wieder zufließen und zum Teil dort die von West nach Ost fließenden Gegenströme bilden helfen. Besonders die eben genannten Ausgleichströme der Südhalbkugel bringen große Massen kalten Wassers in niedere Breiten; der Stille Ozean dagegen ist im Norden fast ganz vom Eismeer abgeschlossen, das Nordatlantische Weltmeer erhält im Westen den kalten Labradorstrom.

Von allen horizontalen Wasserbewegungen im Meere ist die des Golfstromes am besten bekannt, besonders durch die Amerikaner (1874—82), deren Schiff „Blake" mehrere Jahre mit Sigsbee und Barlett an Bord der Erforschung dieses Stromes gedient hat. Seine Einwirkung auf das Klima Europas ist bekannt. Seinen warmen Wassern ist es zuzuschreiben, daß in Irland, der „grünen Insel", der Lorbeer

das ganze Jahr im Freien aushält, während in gleicher Breite Labrador in Schnee und Eis starrt; sie bewirken, daß Weizen in Norwegen bis zum 64. Breitengrad, Gerste gar bis zum 70. angebaut werden kann, und daß die Kultur des Kirschbaumes bis an den Polarkreis heranreicht. Da wir an diesem wärmespendenden Strom alle die Erscheinungen, die auch bei anderen vorkommen, am besten kennen lernen können, wollen wir uns seinen Verlauf einmal etwas näher vor Augen führen.

Die beiden vereinigten Äquatorialströmungen des Atlantik treten als Karaiben- und Antillenstrom die weitere Wanderung nach Westen an. Ersterer, mit einer mittleren Tiefe von etwa 180 m, zwängt sich durch die Inselreihe der kleinen Antillen hindurch, erweitert sich im Karaibischen Meer und fließt dann wieder durch die enge Lücke zwischen Kuba und Yukatan, wo er am reißendsten ist; er kann bei seiner größten Stärke die Wasser des Mexikanischen Golfes über den Spiegel des Atlantischen Ozeans erheben. Seine Geschwindigkeit hängt ab von der Stärke der Winde, die ihm den Antrieb gegeben haben, und erstere, sowie seine Grenzen, werden beeinflußt durch die Gezeiten, die, wie die Amerikaner feststellen konnten, innerhalb 24 Stunden eine Veränderung der Schnelligkeit um die Hälfte bewirken können. Der eigentliche Golfstrom ist keine unmittelbare Fortsetzung des Karaibenstromes, sondern er nimmt seinen Anfang im Mexikanischen Golf. Da durch die Straße von Florida nach den Untersuchungen der Blake Expedition nur etwa zwei Drittel (1800 cbm) der dem Golf durch die Yukatanstraße zugeführten Wassermenge wieder herausfließt, muß man annehmen, daß eine kräftige Unterströmung den Rest wieder fortschafft, die nicht allein durch Oberwinde, sondern in erster Linie durch Dichtigkeits- und Temperaturunterschiede hervorgerufen wird. Niederschläge und Flüsse vermehren hier die Wassermenge; von letzteren liefert allein der Mississippi 70%; sein süßes, warmes und daher leichtes Wasser kann Hunderte von Meilen weit im Golf verfolgt werden.

Von der Floridastraße an beginnt der eigentliche Golfstrom; wie ein Fluß mit bestimmten Ufern, von einer Länge von mehr als 6000 geographischen Meilen, hebt er sich, besonders bis Kap Hatteras, durch sein tiefes Blau von dem Grünblau des Ozeans ab. Seine Geschwindigkeit beträgt anfangs 2,5 bis 1,5 m in der Sekunde, nimmt aber sehr bald bedeutend ab.

Schon in der Floridastraße stellt sich ihm ein Hindernis in den Weg, das er wohl nicht überwinden würde, wenn er nicht verstärkt und unterstützt würde durch den warmen Antillenstrom, der sich mit ihm verbindet; sein Gegner ist der letzte Ausläufer des kalten Labradorstromes, der an der Küste entlang nach Süden fließt, von den Amerikanern die „kalte Mauer“ genannt. Auffallend ist die Wärme des Golfstroms; bei Florida beträgt sie 30°, bei Kap Hatteras 27°, bei Neufundland nur noch 20° C; sie ist hier aber immer noch 15° höher als die des umgebenden Meeres im Winter. Maury hat berechnet, daß die Wärmemengen des Golfstromes imstande sein würden, einen eisernen Strom von der Größe des Mississippi in Fluß zu erhalten. Die mittlere Oberflächentemperatur des ganzen Stromes wird auf 26,5° C angegeben. Seine mittlere Tiefe mag 300 m betragen; bei Kap Hatteras ist die warme Schicht etwa 200 m mächtig. Bei Neufundland gelangt der Golfstrom in das Gebiet der Westwinde, die ihn bis über Norwegen hinaus ins Eismeer treiben. Zugleich breitet er sich noch weiter fächerförmig aus und besteht von da an aus meilenbreiten Streifen kalten und warmen Wassers, die sich auch durch ihre Farbe zu erkennen geben. So trifft er mit dem kalten Labradorstrom im rechten Winkel zusammen, der aus der Vereinigung des Grönlandstromes und der ebenso kalten Wasser aus der Baffinbai und Davisstraße gebildet wird. Während die Treibeisgrenze im Osten des Atlantik durch die warmen Golfstromwasser weit nach Norden zu gedrängt wird, liegt sie hier, bei dem Zusammenstoß beider Ströme, auffallenderweise auf der südlichen Seite des Golfstromes. Während hier nämlich der größere Teil der nordischen Eismassen aufgelöst wird, gelingt es dem Rest, sich durch den warmen Gürtel hindurch zu schieben. Denn da die kalte, schwerere Labradorströmung bei der Annäherung an den warmen Golfstrom gezwungen ist unter diesen zu tauchen, und da die dem vereisten Norden entstammenden bis zu 100 m hohen Eisberge nur mit einem geringen Teile (bis zu $^1/_{10}$) ihrer Masse aus dem Wasser hervorragen (Fig. 16), reicht ihr im Wasser verborgener Teil oft mehrere 100 m tief in die kalte Unterströmung und wird von dieser mit nach Süden geführt. Der Temperaturgegensatz der beiden Strömungen erzeugt bei ihrem Zusammenstoß jene dichten Nebel, die fast immer die Neufundlandbank bedecken und der Schiffahrt so gefährlich sind.

Immer mehr breitet sich der Golfstrom auf seinem Wege nach Osten fächerförmig aus, bis auf dem Meridian der Azoren und in der Höhe des 43. Breitengrades eine Gabelung eintritt; der eine Ast setzt seinen Lauf, Wärme spendend, nach Norden fort, der andere wendet sich nach Süden und fließt an den Kapverden als Westafrikastrom zum Äquator zurück, um da den Kreislauf von vorne zu beginnen. Da seine Wasser vergleichsweise kälter sind als die dieser südlicheren Gebiete, wirkt er auf die Küste Portugals und Westafrikas abkühlend ein. Den Weg von Florida bis Europa legt der Strom in $5\frac{1}{2}$ Monaten etwa zurück; der ganze Kreislauf, in dessen Mitte sich die Tangwiesen der Sargassosee befinden, wird nach Humboldts Berechnung in etwa 34 Monaten vollendet. Eine bei Kap Verde im Mai 1887 ausgesetzte Flasche landete erst nach fast drei Jahren an der Westküste von Irland; man hat ihre Geschwindigkeit auf $7\frac{1}{2}$ Seemeilen pro Tag oder stündlich fast $\frac{1}{2}$ km berechnet für den Fall, daß sie ihren Weg wirklich durch das Karaibische Meer und die Straße von Florida genommen hat. Die Geschwindigkeit des Stromes nimmt rasch ab; in der Enge von Bemini beträgt sie stündlich etwa 7 km, bei Kap Hatteras 5 km, bei New-York nur noch 2 km.

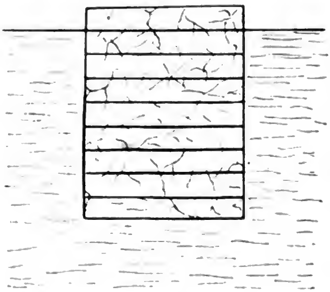


Fig. 16. Schwimmender Eisberg (Schema).

Wir haben vorhin Unterströmungen kennen gelernt; wo diese durch enge Straßen zu fließen gezwungen sind, können sie oft einen schnelleren Lauf annehmen als die Oberströme. Das beobachtete beispielsweise Wharton an dem Unterstrom, der dem aus dem Schwarzen Meer durch den Bosporus in das Marmara-Meer und von da durch die Dardanellen ins Mittelmeer sich ergießenden Oberstrom entgegen fließt. Die Oberwasser sind fast süß, die Unterströmung zeigt die durchschnittliche Dichte des Mittelmeerwassers (1,027). „Es war ein überraschender Anblick, die Bojen, versehen mit einem hölzernen Gerüst von 36 Quadratfuß Fläche, das in Tiefen von 100 bis 240 Fuß versenkt war, die

Straße aufwärts gegen einen starken Oberflächenstrom von drei bis vier englischen Meilen pro Stunde jagen zu sehen." Auch an der Westpforte des Mittelmeeres, in der Straße von Gibraltar, fließt an der Oberfläche das leichtere, salzärmere Wasser des Atlantischen Ozeans in das Mittelmeer hinein, während das schwere Wasser des letzteren Tag und Nacht als Tiefenstrom sich ins Weltmeer ergießt, und ein solcher Austausch findet wohl überall statt, wo zwei Meere von ungleicher Dichte durch eine enge Pforte miteinander in Verbindung stehen.

Neben diesen horizontalen Bewegungen der Wasser vollziehen sich infolge von Verdunstung und Abkühlung der Oberflächenschichten auch überall Ausgleiche in senkrechter Richtung, allerdings viel langsamer und in der Schnelligkeit fast unmeßbar. Sie bewirken die auffallende Gleichmäßigkeit in der Zusammensetzung des Salzgehaltes in den Weltmeeren; durch sie erst wird überhaupt die Existenz der Tiefenbewohner möglich, denen die Vertikalströme nicht nur Nahrung, sondern auch die Lebensluft, den Sauerstoff, zuführen.

VI. Abschnitt.

Licht und Druck in der Tiefsee, Bestandteile, Dichte und Farbe des Meerwassers.

„Einer der wichtigsten und thätigsten Arbeiter im großen Laboratorium der Natur ist das Sonnenlicht Unter seinem Einfluß wird anorganische Materie in organische umgesetzt, und so beruht in letzter Linie alles Leben auf Erden auf seiner Gegenwart" (Marshall). Untersuchungen über die Lichtverhältnisse der Tiefsee wurden bereits in den vierziger Jahren angestellt. Je tiefer wir ins Meer hinabsteigen, desto dunkler wird es um uns. Anfangs geht diese Lichtabnahme langsam vor sich; das Auge kann bis zu 20 m tief liegende Gegenstände noch erkennen, vermöchte dort unter Umständen sogar noch zu lesen. Mit gutem Erfolg hat man deshalb auch Luftballons zur Absuchung des Meeresbodens und zur Entdeckung von in geringer Tiefe gesunkenen Schiffen verwendet. In diesen geringen Tiefen enthüllt sich dem Auge die ganze Farbenpracht der Tier- und Pflanzenwelt des Meeres, der „Gärten Poseidons"; wer kennt nicht die begeisterten, farbenglühenden Schilderungen Haeckels über die Korallenhaine im roten Meere und an den Küsten von Ceylon? Nur ausnahmsweise, bei besonders ruhigem Wetter, guter Beleuchtung und ganz klarem Wasser, vermag das menschliche Auge noch tiefer zu dringen und größere Gegenstände am Boden wahrzunehmen. „Wir bewunderten," so erzählt Krümmel von der Sargassosee, „das unvergleichlich transparente Blau und die erstaunliche Durchsichtigkeit des Wassers, in welchem die Planktonnetze immer in 40 m, die große Segeltuchscheibe einmal in 58 m Tiefe, das andere Mal in 66 m Tiefe gesehen wurde."

Wie aus diesen Worten hervorgeht, versuchte man die Durchlässigkeit der Meeresschichten dem Licht gegenüber durch

Versenken von weißen und anders gefärbten Platten zu ermitteln. Aber die Sichtbarkeitstiefe dieser Scheiben ist großen Schwankungen unterworfen, sie liegt im Mittelmeere zwischen 32 und 60 m. Die Durchsichtigkeit des Meeres steht natürlich in engem Zusammenhang mit den unorganischen oder organischen im Wasser gelösten oder schwebenden Stoffen. Um diese Schwankungen festzustellen, machte vor einigen Jahren Angelini Versuche mit verschieden gefärbten Scheiben in den Lagunen Venedigs und im Golf von Gaeta und beobachtete, daß die weiße Scheibe dort schon in 2 m Tiefe, im Golf aber erst viel tiefer verschwand. Von den verschiedenen Platten blieb die weiße am längsten sichtbar, dann verschwand die rote, darauf die blaue; das Meerwasser verschluckt also die roten und blauen Strahlen am meisten, daher erklärt sich auch seine grüne Farbe.

Die Plattenversuche sind wegen ihrer Ungenauigkeit von nur geringerem Werte; sie geben nur Aufschluß über sehr wenig mächtige Wasserschichten, da sie dem Auge bald entrückt sind. Da aber wandte Forel zuerst im Genfer See photographische Platten an, die ins Wasser versenkt wurden. Es zeigte sich, daß schon in 100 m Tiefe das Licht auf die Platten nicht mehr einwirkte. Das Mittelländische Meer hat eine größere Durchsichtigkeit; Versuche, die auf Forels Anregung von Fol und Sarasin dort angestellt wurden, zeigten, daß erst bei 400 m Tiefe keine Schwärzung der Platten mehr eintrat. Bei durchschnittlich 170 m konnte aber noch deutlich eine Wirkung des Sonnenlichtes nachgewiesen werden, bei 380 m Tiefe kaum noch; es dürfte dort das Licht demnach nur so stark sein, wie bei uns in einer Sternennacht zur Zeit des Neumondes. Später hat v. Petersen in Neapel einen photographischen Apparat hergestellt, der ermöglichte, die sehr empfindliche Platte in jeder beliebigen Tiefe zu exponieren; er setzte sie an einem hellen Novembertage bei Capri 30 Minuten lang in einer Tiefe von 500 m aus und konnte nachher eine deutliche Schwärzung nachweisen. Diese geringen Lichtmengen sind aber für die vor allem auf das Sonnenlicht angewiesenen Pflanzen viel zu gering; schon bei 250 m Tiefe dürfte das Pflanzenleben fast ganz aufhören und in größerer Tiefe sich nur noch farbstofflose niedere pflanzliche Organismen vorfinden.

Es lag der Gedanke nahe, nach der im letzten Jahrzehnt

erreichten Vervollkommnung der Photographie Momentaufnahmen von den in geringer Tiefe lebenden Meerestieren zu machen. Mit Hilfe wasserdicht und druckfest verschlossener, sehr empfindlicher Platten, die über Rollen laufen, sind verschiedene Versuche in dieser Richtung gemacht worden, und sie haben ganz ermutigende Erfolge gehabt. Auf einer der von Seiten der Franzosen in Banyuls-sur-Mer hergestellten submarinen Photographien sind vor dem aufgestellten Schirm vorbeiziehende Fische so scharf abgezeichnet, daß man ihre Schuppen zählen kann. Es scheint demnach die Photographie berufen zu sein, in Zukunft ein wichtiges Hilfsmittel für die biologischen Erforschungen der Oberflächenfauna zu werden.

Den Versuchen der Menschen, persönlich in die Tiefen des Meeres vorzudringen und dort an Ort und Stelle seine Wunder zu betrachten, wird gar bald ein energisches Halt zugerufen. Nur geübte Taucher vermögen in größere Tiefen als 20 m einzudringen und dort auch nur wenig über eine Viertelstunde zu verweilen, da bald die feinen Gefäße der Haut zerreißen. Es wird erzählt, daß der Taucher Deschamp, der im Jahre 1866 einen 70 m tief gesunkenen Dampfer untersuchen wollte, aus 60 m Tiefe bewußtlos herauf gezogen werden mußte. Im Vergleich zu den kolossalen Abgründen im Meer sind also den persönlichen Untersuchungen seitens des Menschen äußerst enge Grenzen gezogen.

Bekanntlich lastet unsere Lufthülle auf jedem Quadratcentimeter unseres Körpers mit einem Gewichte von ungefähr 1 kg; diesen Druck nennen wir kurz eine Atmosphäre. Das Meerwasser ist wegen seines Salzgehaltes etwas schwerer als das Regenwasser; man kann aber sagen, daß von 10 zu 10 m der Druck in den Meerestiefen um eine Atmosphäre zunimmt. Das macht in 100 m Tiefe schon einen mehr als zehnmal größeren Druck als an der Oberfläche, und in den größten Tiefen der Ozeane, die ja ungefähr 9000 m betragen, lastet auf jedem Quadratcentimeter ein Druck von über 900 Atmosphären. Davon können wir uns schwer eine Vorstellung machen. Schon in 1000 m Tiefe ist der Wasserdruck so groß, daß eine hölzerne Kugel auf die Hälfte ihres ursprünglichen Umfanges zusammen gepreßt wird, und man hat berechnet, daß ein Taucher, der in die Tiefe von 3560 m hinabsteigen könnte, ein Gewicht auf seinem Körper zu tragen haben würde, das dem von

mehreren Hundert der schwersten Lokomotiven gleich käme. Die Tiefseeinstrumente müssen natürlich für diesen enormen Wasserdruck entsprechend eingerichtet und reguliert sein, und doch ist es vorgekommen, daß die durch metallene Kapseln geschützten Thermometer, die in große Tiefen hinabgelassen wurden, vollständig zertrümmert wieder an die Oberfläche kamen.

Man war früher allgemein der Ansicht, daß das Tiefseewasser durch die darüber liegenden Schichten so zusammengepreßt würde, daß es ein bedeutend höheres spezifisches Gewicht erlange als das Oberflächenwasser. Danach würden Gegenstände, die ins Meer gefallen sind, gar nicht bis auf den Grund gelangen, sondern je nach ihrem Gewichte in irgend einer Schicht, die spezifisch gerade so schwer wäre wie sie selbst, schweben müssen. Dem gegenüber hat aber die Wissenschaft nachgewiesen, daß das Wasser selbst durch den ungeheuren Tiefseedruck von seinem Volumen nur einen ganz geringen Bruchteil verliert, der in 9000 m nur ungefähr $^1/_{24}$ betragen wird. Das Gewicht des Tiefenwassers stellt also den im Meer versinkenden Gegenständen kein Hindernis entgegen; aber ob sie wirklich auf dem Grund ankommen, das ist eine andere Frage; die organischen Stoffe werden wohl im Magen der Milliarden von Meerestieren ihr Grab finden, und es ist wahrscheinlich, daß von den anorganischen nur wenige der Zersetzung durch das Seewasser und den in ihm wirkenden chemischen Kräften auf die Dauer widerstehen können.

Die Tiere, die, wie wir heute wissen, noch in Tiefen vorkommen, die man früher für unbewohnt halten mußte, können diesen Druck deshalb ohne alle Beschwerde aushalten, weil ihm in ihrem Körper ein gleich großer entgegensteht. Es ist nur fraglich, ob sich der Stoffwechsel bei diesen Tieren gerade so vollzieht, wie bei denen, die unter ungleich geringerem Druck nahe der Oberfläche leben; aber das ist ein Punkt, über dem bis heute noch vollständiges Dunkel herrscht, und worüber wir auch nur schwerlich Aufklärung erhalten werden, da wir derartige Untersuchungen nur an heraufgeholten Tieren anstellen können, bei denen der abnehmende Druck fast immer alle Gewebe zerrissen hat.

Die Dichte des Meerwassers hängt in erster Linie, wenigstens nahe der Oberfläche, von seinem Salzgehalt ab. Auf sie wirken

deshalb Verdunstung, Meeresströme, einmündende Flüsse und Niederschläge ein, die den Salzgehalt entweder vermehren oder das Wasser versüßen. Der Salzgehalt aller Meere beträgt durchschnittlich 3,5%; man hat ausgerechnet, daß dieses Salz, wenn es auf irgend eine Weise ausgeschieden werden könnte, den Meeresgrund mit einer 55 m dicken Schicht bedecken würde. Rand- und Mittelmeere haben gewöhnlich süßeres Wasser, weil die einmündenden Flüsse solches zubringen. Ein gutes Beispiel bietet die Ostsee, deren Salzgehalt nach Osten immer mehr abnimmt. Im Skagerak finden wir noch 3%, im Kieler Hafen 1,65%, am Eingang zum Bottnischen Meerbusen 0,4%, und bei Kronstadt ist es mit 0,1% fast trinkbar. Auch das Schwarze Meer hat seiner starken Zuflüsse halber nur einen Salzgehalt von 1,5 bis 1,7%. Binnenmeere dagegen, die starke Verdunstung bei geringerem Zufluß haben, sind salzreicher; so zeigt das Mittelmeer 3,7%, im Osten bei Kreta sogar 3,9%, und beständig durchläuft vom Ozean her ein starker Oberflächenstrom die Straße von Gibraltar, bestrebt, den Unterschied auszugleichen. Das Rote Meer gleicht geradezu einer Salzpfanne; fast abgeschlossen vom Ozean, ohne nennenswerte Zuflüsse, dabei mit enormer Verdunstung durch die sengenden Strahlen der Sonne hat es einen Salzgehalt von 4,08%.

Was die Oberflächenschichten anbetrifft, so ist auch dort die Dichte durchaus nicht überall gleich. Auch hier sind die Schwankungen auf dieselbe Ursache zurück zu führen. Die von Buchanan entworfenen Karten zeigen, daß der Salzgehalt in den niederschlagsarmen und starker Verdunstung ausgesetzten Passatzonen nördlich und südlich vom Äquator am größten ist; nach dem Äquator und den Polen zu wird das Wasser wieder süßer, weil hier Niederschläge der Verdunstung das Gleichgewicht halten oder sie gar übertreffen. Die mächtigere Entwicklung der Passatzonen auf den offeneren Ozeanen der südlichen Halbkugel bewirkt auch, daß die südlichen Teile des Atlantischen und Stillen Ozeans salzreichere Oberflächenschichten haben als die ihnen entsprechenden nördlichen. Der Atlantik hat höheren Salzgehalt als die anderen Weltmeere wohl vornehmlich aus dem Grunde, weil er einen beständigen Zufluß aus dem salzigen Mittelmeer erhält.

Auch aus tieferen Schichten hat man das Meerwasser mit sinnreich konstruierten Schöpfflaschen herausgeholt und unter-

sucht. Die Unterschiede des Salzgehaltes an der Oberfläche sind in 200 m verschwunden; etwas Ähnliches hörten wir ja von der Wärme. Von da an bleibt der Salzgehalt ziemlich konstant; bis zur Tiefe von 2000 m findet eine geringe Abnahme und von da bis zum Grunde eine ebenso geringe Zunahme statt. Der Salzreichtum der Bodenschichten ist gleichmäßig 3,45 bis 3,55 %; abgeschlossene Rand- und Binnenmeere führen in den Tiefen meist salzreicheres Wasser.

Was die Zusammensetzung des letzteren anbelangt, so hat man bis jetzt mehr als 40 Elemente in ihm nachgewiesen, einzelne allerdings nur in sehr geringen Mengen. Ihre Anwesenheit erteilt dem Seewasser jenen bitteren, zum Erbrechen reizenden Geschmack, der es zum Trinken untauglich macht. Wenn man eine Menge Seewasser verdunsten läßt oder eindampft, erhält man einen trockenen Rückstand, von dem je 100 g sehr konstant enthalten:

Kochsalz	78,32 g
Chlormagnesium	9,44 „
Bittersalz	6,40 „
Chlorcalcium	1,69 „
Andere Bestandteile . . .	0,21 „

Unter letzteren befinden sich Jod- und Bromverbindungen, aber auch die Metalle Silber und Gold, die wohl von Erzgängen, die unter Wasser hervortreten, herrühren. Freilich ist die Menge sehr gering, etwa 0,006 g Gold im Werte von 1,668 Pfennig sind in 1000 l enthalten; aber man hat berechnet, daß, wenn die gesamte Goldmenge des Meeres unter die Erdenbewohner verteilt würde, auf jeden etwa $3\frac{1}{2}$ Millionen Mark kommen würden. Es ist nur gut, daß die Aussichten auf Hebung dieses Schatzes so gering sind. Jod und Brom wird durch Algen aufgenommen und bei deren Absterben am Grunde des Meeres aufgespeichert, von wo es gelegentlich durch Auftriebwasser wieder empor gehoben wird; letzteres gilt auch von der salpetrigen Säure der Tiefenwasser, die dort von den Milliarden verwesender Tierleichen gebildet und später, durch aufwärts gerichtete Strömungen des Wassers wieder an die Oberfläche gebracht, von den Pflanzen wieder aufgenommen wird.

Je nach der Örtlichkeit, der Menge der Tiere oder pflanzlichen Organismen sind die Mengen der im Seewasser gelösten

Gase sehr verschieden, und wir sind noch weit davon entfernt, alle die diese Verteilung bestimmenden Gesetze zu erkennen. Versuche haben festgestellt, daß der Sauerstoffgehalt bei hauptsächlich animalischer Besetzung des Planktons durch Atmungsverbrauch bald sehr gering wird, während chlorophyllhaltige Pflanzen durch die Spaltung der Kohlensäure oft Sauerstoff im Überschuß erzeugen. Man war, was die Kohlensäure anbetrifft, noch vor wenigen Jahre ganz allgemein der Ansicht, daß in den Tiefen der Ozeane durch den ungeheuren Druck eine große Menge dieses Gases aufgespeichert sein müsse, und erklärte auch daraus die große Kalkarmut der Tiefen, die sich in dem immer dünner werdenden Kalkpanzer der Tiere und in dem Fehlen der Foraminiferenschalen in großen Tiefen zu erkennen giebt. Zahlreiche Analysen haben aber ergeben, daß der Gehalt der Tiefenwasser an Kohlensäure ziemlich gering ist, jedenfalls nicht genügend, die Mengen von Kalkkarbonat in Lösung zu halten. Es ist möglich, daß letzteres dort durch uns noch unbekannte Prozesse in das schwerlösliche Kalksulfat oder Gips übergeführt ist, den ständigen Begleiter der aus dem Meerwasser abgeschiedenen Steinsalzlager.

Der Zoologe Richard, der Begleiter des Fürsten von Monaco, untersuchte Wasser aus 2700 m Tiefe und fand, daß 460 ccm Meerwasser 14,7 ccm Stickstoff, 2,7 ccm und 0,13 ccm Sauerstoff enthielten. Dabei fällt vor allem die 133 mal größere Raummenge Stickstoffs im Vergleich zu der des Sauerstoffes auf; die Verteilung beider Gase im Meerwasser ist also ganz anders als in der Luft. Ferner konnte Richard durch Vergleich mit den Oberflächenschichten feststellen, daß die Gasmenge in großen Meerestiefen unabhängig vom Druck und nur deshalb etwas größer ist, weil die Löslichkeit des Wassers durch die niedrigere Temperatur gesteigert ist.

Vornehmlich die mineralischen Beimengungen bewirken, daß das Meerwasser schwerer und daher tragfähiger ist als das süße Wasser; 1000 ccm von ersterem wiegen nicht 1000 g, sondern 1024 bis 1028 g, so daß das spezifische Gewicht des Meerwassers 1,024 bis 1,028 beträgt. Der Salzgehalt bewirkt aber auch, daß das Seewasser weniger leicht gefriert, in ruhigem Zustande erst bei etwa — 3,17° C, bei bewegter Oberfläche bei — 2,55° C. Das Salz wird beim Gefrieren größtenteils ausgeschieden, vermehrt so das Gewicht der noch nicht fest

gewordenen unteren Schichten, und läßt sie noch schwerer gefrieren. Ein Teil des Salzes bleibt jedoch zwischen den Eiskrystallen eingeschlossen und bewirkt dadurch, daß das Schmelzwasser des Meereises nicht genießbar ist. Das Eis der Polargegenden ist entweder aus Süßwasser gebildetes Gletschereis, das von vergletscherten Landmassen (Grönland, Franz-Joseph-Land, Spitzbergen) stammt und in Gestalt von Eisbergen dem warmen Süden zugeführt wird, oder es ist aus salzigem Wasser gebildet und bedeckt so als Packeis die unwirtlichen Polargebiete. Es bildet aber zu Zeiten keine große zusammen hängende Masse, sondern schließt offene Stellen ein, die sich den Polarfahrer schon von weiten durch ihren dunklen Widerschein am Himmel zu erkennen geben.

Dem Salzgehalt des Meereswassers gegenüber verhalten sich die Tiere verschieden. Es ist bekannt, daß manche Süßwasserfische (Lachs, Aal ꝛc.) sowohl im süßen als auch im salzigen Wasser zu leben vermögen und Wanderungen aus einem ins andere unternehmen, andere (Hecht, Barsch) können leicht an Seewasser gewöhnt werden; gewisse Seefische (Flunder, Scholle ꝛc.) wandern weit in die Mündungen der Flüsse hinein. Interessant ist die Verbreitung der Tiere in der Ostsee, die, wie wir sahen, im Osten fast ganz süßes Wasser hat, was sich dadurch zu erkennen giebt, das mit dem Fortschreiten nach Osten der Artenreichtum und die Zahl der Individuen geringer wird, wobei zugleich die einzelnen Arten an Größe abnehmen und teilweise zwerghaft werden. Daß dabei der wechselnde Salzgehalt allmählich auch umbildend auf die Tiere einwirken kann, beweisen die merkwürdigen Resultate, die Schankewitsch in den siebziger Jahren bei Versuchen mit einem kleinen, nur etwa 1 cm langen Krebs (Artemia salina) erhalten hat. Dieses Tierchen lebt in salzigen Seen, und durch allmähliche Erhöhung des Salzgehaltes gelang es, im Verlaufe mehrerer Generationen es in eine andere gut ausgeprägte Form (A. Milhausenii) überzuführen, die z B. in den sehr salzreichen Seen der Halbinsel Krim vorkommt. Auch in umgekehrter Richtung gelang der Versuch; durch Züchtung in weniger salzhaltigem Wasser konnte man aus dieser die A. salina wieder erhalten, und endlich konnte diese durch allmähliche Entziehung des Salzes in eine andere Form verwandelt werden, die durch ihren neungliedrigen Hinterleib den

Branchipus-Arten unseres Süßwassers sehr ähnlich war. Allerdings erklärt der Russe Anikin in einer kürzlich erschienenen Abhandlung die so erhaltenen Übergangsformen als bloße Krüppelformen der Artemia, ohne den großen Einfluß des verschiedenen Salzgehaltes des Wassers auf die Tiere in Frage zu stellen. Auch Versuche mit Eiern von Seeigeln und anderen Tieren haben die Einwirkung eines steigenden oder abnehmenden Salzgehaltes auf das deutlichste erwiesen.

Mit dem Salzgehalt steht auch die Farbe des Meerwassers in engem Zusammenhang. Auf sie wirken nach Thoulet aber noch manche andere Faktoren ein, wie die Tiefe des Wassers und die Farbe des Grundes, die Stärke der Beleuchtung und die Stellung der Sonne, Temperatur und Bewegung des Wassers und in ihm suspendierte mineralische und organische Körperchen. Je durchsichtiger und klarer das Wasser ist, um so reiner blau ist seine Farbe; je undurchsichtiger, desto mehr ist die Neigung zu grün vorhanden. Um die Farbe des Meerwassers festzustellen, hat man einen Lichtstrahl durch eine meterlange, innen geschwärzte und mit Seewasser gefüllte enge Röhre fallen lassen, und man beobachtete eine prachtvolle blaugrüne Färbung, die also als seine eigentliche Farbe zu betrachten ist und wahrscheinlich hervorgerufen wird durch feine, in ihm schwebende Staubflitterchen, die das Sonnenlicht zurückwerfen. Als Maßstab für die Färbung des Meerwassers dient die Forelsche Skala, bestehend aus einer Reihe von Lösungen eines blauen Kupfersalzes, denen genau nach Prozent bestimmte gelbe Chromlösungen beigemischt werden. Die hohe See ist in der Regel tiefblau gefärbt; das reinste Blau zeigt der Atlantische und Stille Ozean, der Indische Ozean besitzt eine mehr grünliche Grundfarbe, ebenso die kalten Polarwasser. In salzreicheren Binnenmeeren, wie im Mittelmeer, steigert sich das Blau zu Ultramarin, in salzärmeren neigt es mehr zu Grün.

Andere Färbungen können durch anorganische oder organische Beimengungen entstehen. Ersteres findet öfters an den Flußmündungen statt, wo das Wasser durch die mitgeführten Schlammteilchen gelbbraun gefärbt wird; das Gelbe Meer hat bekanntlich von den Lößmassen, die der Hoangho dort abladet, seinen Namen. Andererseits kann das massenhafte Auftreten mikroskopisch kleiner Planktonorganismen aus dem Tier- und Pflanzenreich zeitweise die grünblaue Färbung

in purpurrot und andere Farbentöne verändern; das Rote Meer hat möglicherweise seinen Namen von dem Auftreten einer roten Fadenalge (Trichodesmium) erhalten, während, nebenbei gesagt, das Schwarze Meer den über ihm so häufig schwebenden dunklen Sturm- und Gewitterwolken seinen Namen verdanken soll. Die mikroskopisch kleinen einzelligen Wesen, besonders Peridiniumarten, färben durch ihr massenhaftes Auftreten zeitweise ganze Meeresteile rot, wie schon Darwin bekannt war. Auf deren Anwesenheit beruhte auch die Rotfärbung des Meeres, die im Herbst 1898 bei Rhode Island beobachtet wurde, und es ist nicht unmöglich, daß das damals dort erfolgte große Absterben der Fische mit diesen Organismen in Zusammenhang stand. Man schätzte ihre Zahl auf 5880 in 1 ccm Wasser. Auch Carter hat als Ursache der Rotfärbung des Meeres um Bombay ein Peridinium (P. sanguineum) beschrieben. Manchmal können Bakterien durch ihre ungeheure Anzahl die oberflächlichen Schichten färben; so wird im Indischen Ozean manchmal eine schneeweiße Färbung (Milchmeer) beobachtet, die durch einen Leuchtbazillus (Bacillus phosphoreus) hervorgerufen wird.

VII. Abschnitt.

Netze und andere Fangwerkzeuge.

Wenn wir die Entwicklung der systematischen Meeresforschung verfolgen, so dürfen wir uns nicht wundern, daß sie im Anfange des 19. Jahrhunderts nur sehr langsame Fortschritte machte. Trotzdem gerade in den letzten Jahrzehnten, Dank der emsigen und hingebenden Arbeit vieler Gelehrten, unsere Kenntnis in dieser Hinsicht sich außerordentlich vermehrt hat und der Schleier von manchem der — wie es schien — gar nicht lösbaren Geheimnisse der Tiefsee genommen worden ist, beherbergt die letztere deren noch eine unabsehbare Menge. Im Vergleich zu den Anschauungen im Anfang des verflossenen Jahrhunderts sind aber die Fortschritte auf unserem Gebiete geradezu bewunderungswert. Man muß bedenken, daß es im Anfang eben an allem fehlte, an den nötigen, gerade für diesen Zweck vorgebildeten Gelehrten und deshalb an der nötigen Litteratur, an Apparaten und Maschinen, an Fangwerkzeugen und Fangmethoden. Dagegen gab es eine Menge falscher vorgefaßter Meinungen, die erst über den Haufen geworfen werden mußten, bevor man an den Aufbau neuer Lehren ernstlich denken konnte. Das galt nicht zum mindesten in Bezug auf Fragen, die das organische Leben in den Tiefen angeht; hatte doch Forbes auf Grund seiner damaligen Kenntnisse den überall angenommenen Grundsatz aufgestellt, daß unter 500 m jedes organische Leben aufhören müsse.

Hand in Hand mit den Fortschritten der zoologischen Durchforschung der Meere ging naturgemäß die Entwicklung der Fangwerkzeuge und Fangmethoden. Wir können darauf hier nur so weit eingehen, als es der beschränkte Raum gestattet. Man teilt die Netze ein in Boden- oder Schleppnetze und in Schwebenetze. Erstere (Fig. 17), aus den einfachen

Hilfsmitteln der Austern- und Schwammfischer hervorgegangen, werden über den Meeresgrund gezogen. Im Anfang eine einfache Kratze mit daranhängendem Sack, wurde das Scharrnetz oder die Dredsche von O. F. Müller in die Wissenschaft eingeführt, von Ball, Sigsbee und Agassiz verbessert und besteht jetzt aus einem zipfelförmigen Netz, in das auf der Reise des „Challenger" noch ein zweites unten offenes eingesenkt wurde, so daß das Ganze einer Fischreuse gleicht. Das Netzwerk ist in einem aus zwei U-förmigen und mit einander verbundenen Bügeln bestehenden Rahmen aufgehängt, die es schützen und vor dem Umschlagen bewahren sollen. Eine vor der Netzöffnung gespannte Kette scharrt den Bodensatz zusammen, während sich in den angehängten Quasten manche Seetiere fangen. Je nach der zu erwartenden Tiefe werden größere oder kleinere, aber schwerere Schleppnetze verwendet. Würde nun aber das Schleppnetz einfach hinabgelassen, so würde es bald ins Treiben geraten und gar nicht oder sehr spät erst den Grund erreichen. Um dem vorzubeugen, werden in gewisser Entfernung von dem Netz an dem Stahldraht, der das früher gebräuchliche Hanfseil ganz verdrängt hat, Gewichte befestigt, die es schnell hinabziehen und es richtig legen. Die Quastendredsche besteht aus einer Anzahl an einem Rahmen befestigter Hanfbüschel.



Fig. 17. Schleppnetz.

Die Schwebenetze sollen die Organismen fangen, die im Meere frei flottieren. Die Planktonnetze in ihrer ursprünglichen Gestalt sind eigentlich keine Fangwerkzeuge, sondern Filtrier- oder Seiheapparate, mit denen man aus einer bestimmten Menge Wassers die kleinen organischen Lebewesen herausfischt. Über einen Rahmen von bekanntem (1000 qcm) Flächeninhalt wird ein Zeugtrichter angebracht, der in ein unter ihm angebrachtes Netz von feinster Müllergaze führt. Sehr kleine Lebewesen, Eier, Larven &c. können aber doch noch durch die feinen Maschen hindurchschlüpfen, deshalb befindet sich darunter

noch ein eimerartiger Beutel aus demselben Tuche. Dieser ganze Apparat wird nun in die gewünschte Tiefe hinabgelassen und dann senkrecht heraufgezogen, so daß in ihm der ganze Inhalt der durchfischten Wassersäule zurück bleibt und gezählt und bestimmt werden kann, wofür sogar besondere Apparate konstruiert sind, auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen.

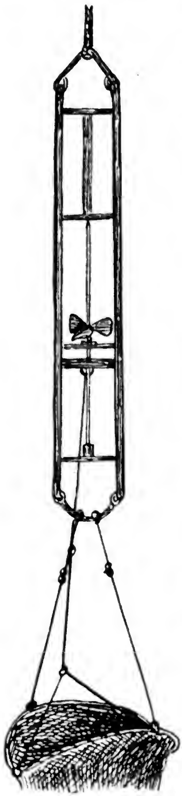


Fig. 18.
Schließnetz, geöffnet.

Zur Zeit, wo sich ein großes Interesse gerade den in verschiedenen Abständen von der Oberfläche frei schwebenden Organismen zugewendet hat, verdient das Schließnetz (Fig. 18) besonderer Erwähnung, um dessen Konstruktion sich vor allem Chun, der Leiter der Valdivia-Expedition, verdient gemacht hat. In seiner heutigen Gestalt besteht das Schließnetz aus einem an einem Klappbügel hängenden zipfelförmigen Sack, der oberhalb seiner Öffnung einen sehr sinnreichen Mechanismus trägt. Sein Hauptbestandteil ist eine fein gearbeitete Flügelschraube oder ein Propeller, eine Schiffsschraube in sehr verkleinertem Maßstab, die so gestellt werden kann, daß sie sich, nachdem das Netz eine gewisse Wasserschicht, sagen wir von 2500 bis 1900 m, durchlaufen hat, selbstthätig auslöst und ein Schließen der Netzes bewirkt.

Zum Schluß wollen wir neben dem Vertikalnetz, das hinabgelassen wird und alle Schichten durchfischt, die eigentümliche Tiefseereuse, die der um die Meereserforschung so verdiente Fürst von Monaco gebaut hat, kurz erwähnen. Ihre Wirksamkeit beruht auf der Anziehung, die das Licht auf alle Dunkelbewohner, also auch auf die Tiefseetiere, ausübt. Dieser Fangapparat besteht aus einem Kasten aus Drahtgitter, in dessen Inneres fünf allmählich sich verengende reusenartige Öffnungen führen. In der Mitte ist eine elektrische Glühlampe angebracht, für die einige in einem Kasten am Boden

befindliche Elemente den Strom erzeugen. Damit sie aber nicht durch den kolossalen Wasserdruck zerstört werden, besorgt ein an dem Kasten angebrachter und mit Luft gefüllter Ballon den Ausgleich des Druckes. Der ganze Apparat wird ins Meer hinabgelassen und nach einiger Zeit wieder an die Oberfläche gewunden, und der Fürst hat gute Erfolge mit ihm erzielt.

Das Fischen mit derartigen schweren Apparaten verlangt viel Arbeit, bietet aber den dabei Beteiligten oft eine Menge dankbarer Überraschungen. Mit Recht sagt Haeckel: „Die Plünderung des Meerbodens mit dem Schleppnetze ist ein Jagdvergnügen von ganz eigenem Reize, wenn auch oft Geduld und Kraft hart auf die Probe gestellt werden. Die neugierige Spannung, was wohl für kostbare Schätze aus der Tiefe herausgebracht würden, ist groß; sie wächst mit den Anstrengungen, welche die schwere Arbeit des Dredschens erfordert. Die Aufregung und der Eifer des dredschenden Zoologen sind nicht geringer als die eines Goldgräbers." Um ½7 Uhr morgens versenkte die „Valdivia" an der Südwestküste Afrikas das Schleppnetz in die Tiefe, um 12 Uhr erreichte es bei 5500 m den Grund, wurde dort eine Stunde lange gezogen und war erst um 7 Uhr abends wieder an Bord; und was enthielt es? Kaum ein einziges lebendes Wesen, lauter Schlamm und steinartige Gebilde!

Die Last, die die Netze samt ihrem Inhalt darstellen, sind dabei oft so enorme, daß es unmöglich wäre, sie mit Menschenhand zu bewegen. Thomson berechnete sie für einen Fischzug an Bord des „Porcupine" auf 2042 (engl.) Pfund; zur Hebung einer solchen Masse sind natürlich Maschinen nötig, und die „Valdivia" hatte deren eine elektrische und eine Dampfmaschine an Bord. Um plötzliche Rucke und Störungen zu vermeiden, wird das Netz an einem sog. Akkumulator federnd aufgehängt, ein Dynamometer zeigt die Größe der heraufziehenden Last an, und der Fürst von Monaco hat sogar eine Einrichtung getroffen, daß der Spannungsmesser, sobald er ein Maximum anzeigt, ein elektrisches Läutewerk in Bewegung setzt.

Nach einer Lotung oder nach dem Heraufholen eines Dredschzuges herrscht natürlich das regste Leben an Bord. Die beredten Worte Marshalls geben uns davon ein lebendes Bild. „Kommt das Grundnetz aus geringeren Tiefen herauf, dann heißt es für die Forscher rasch sein und behutsam zugleich. Da schnellen Fische in die Höhe, — Garneelen

machen gewagte Sprünge, — flinke Krabben laufen rückwärts und seitswärts rasch davon, — unglaublich hurtig für ihre Organisationsverhältnisse, mit sich überstürzendem Eifer die schlanken Arme als Beine benutzend, torkeln Schlangensterne von dannen, — blitzschnell schlängeln sich prachtvolle Ringelwürmer dahin! — Aber Vorsicht, Vorsicht! nicht zu rauh und zu rasch die Kinder Poseidons angefaßt! Hier diese Krustentiere werfen, unsanft angepackt, Beine und Scheren ab, — jene Seesterne amputieren sich der Freiheit zu Liebe opferfreudig einen, selbst mehrere Arme, — dort den Holothurien oder Seewalzen wird es vor angstvoller Aufregung ganz übel, und wehe, sie erbrechen nicht nur den Mageninhalt, sondern die ganzen Gedärme dazu, — Synapten und seltsame Schnurwürmer oder Nemertinen zerreißen sich in ohnmächtigem Ingrimme freiwillig selbst in Stücke!"

Zu gleicher Zeit untersucht der Chemiker die in Schöpfflaschen mitgebrachten Wasserproben auf spezifisches Gewicht, Salz- und Chlorgehalt, Farbe, Durchsichtigkeit ꝛc., der Ozeanograph ist mit seinen Thermometern beschäftigt, der Bakteriologe zieht sich in den Kühlraum zurück, der Botaniker untersucht die Pflanzen, der Zeichner hält die so leicht vergänglichen Farben der Tiefseetiere fest und die Zoologen registrieren und konservieren den Fang und bringen die noch lebenden Tiere in Gläsern in den Kühlraum, der beständig auf — 2° C gehalten wird. Da giebt es gar viel zu thun für einen jeden; Stunden, ja Tage gehen darüber hin bis alles Notwendige besorgt ist! Und doch, so wollen wir mit Marshall schließen, „köstliche Minuten für den Naturforscher! Wie schlägt sein Herz höher, erblickt er eine ihm wohlbekannte, aber lebend noch nie gesehene Seltenheit, oder eine neue, fremdartige Form, der er auf den ersten Blick ansieht, daß sie geeignet ist, ein Verbindungsglied zwischen bis dahin getrennten und isoliert stehenden Geschöpfen zu bilden! Diese Gefühle kennt nur der Fachmann, es sind die herrlichsten Blüten, welche auf dem nicht eben dornenlosen Pfade unserer Wissenschaft blühen!"

VIII. Abschnitt.

Die Pflanzen des Meeres.

Bis in die Mitte unseres Jahrhunderts war allgemein die Ansicht verbreitet, daß das Meer nur in seinen dem wärmenden Sonnenlichte zugänglichen Teilen, also in der Nähe der Oberfläche und besonders im Küstenwasser von lebenden Wesen bevölkert sei. Der mit der Tiefe zunehmende ungeheure Druck, das Fehlen des Lichts in größeren Tiefen war an sich schon Grund genug anzunehmen, daß die tieferen Schichten unbewohnt sein müßten, daß dort nichts als starre Ruhe zu finden wäre, der alles Lebende fehle. Allerdings führte irgend ein Umstand hier und da einmal einen seltsam aussehenden Fisch oder einen absonderlich geformten Krebs an die Oberfläche, der von den Schiffern angestaunt und wieder fortgeworfen, günstigen Falles als Reiseerinnerung heimgebracht und als Sehenswürdigkeit einem Museum übergeben wurde. Erst als später die ersten Anfänge mit einer systematischen Erforschung der Meere gemacht wurden und die Netze zugleich mit größeren Meeresbewohnern eine ungeahnte Lebewelt kleiner und kleinster Wesen, deren Formen und Mengen nur das mit dem Mikroskop bewaffnete Menschenauge zu erkennen vermag, an das Tageslicht brachten, da erkannte man, daß das Meer einen so außerordentlichen Reichtum an Arten und Individuen in seinem Schoße beherbergt, daß kein Teil der festen Erdrinde auch nur im entferntesten mit ihm in Wettbewerb treten kann. Noch längst nicht sind uns die ungezählten Arten auch nur annähernd alle bekannt; zählte doch Haeckel allein von der einen Abteilung der Foraminiferen nicht weniger als 4318 verschiedene Arten auf. Jede Expedition bringt neue und bis dahin unbekannte Formen mit nach Haus, und bis auf Jahrzehnte hinaus werden unsere Naturforscher mit mehr als ge-

nügend Arbeit versehen sein, die das unendliche Meer ihnen bieten wird.

Eine sehr nahe liegende Frage ist nun die: Wie ernähren sich alle diese Heerscharen der Meerbewohner? Auch hierauf hat die Meeresforschung eine zufriedenstellende Antwort geben können. Wie wir wissen, sind unsere Festlandstiere, selbst diejenigen, die von dem Fleische anderer leben, in letzter Hinsicht auf organische Nahrung angewiesen, die ihnen die Pflanzenwelt liefert. Wenn mit einemmale aller Pflanzenwuchs auf der Erde verschwinden würde, so müßte auch in sehr kurzer Zeit darauf alles Tierleben aufhören zu existieren. Denn nur die Pflanze ist imstande, aus den anorganischen Bestandteilen, aus denen unsere Erde besteht, organische herzustellen, nur sie vermag aus diesen Stoffen durch den uns noch so rätselhaften Lebensvorgang in ihrer Zelle den Tieren die richtige Nahrung zu bereiten.

Wie verhält es sich nun in dieser Beziehung mit den Milliarden von Meerestieren? Auch sie sind in letzter Linie auf organische Nahrung angewiesen. Zwar bringen deren eine bedeutende Menge die großen Flüsse ins Meer, und Marshall berechnet beispielsweise, daß der Amazonenstrom täglich nicht weniger als 222200 cbm organischer Stoffe dem Atlantischen Ozean zuführt. Aber diese Schwemmmassen kommen nur einem sehr kleinen Teile der riesigen Ozeanbecken zu gute und liefern nur einen geringen Prozentsatz der für die Tierwelt nötigen Nahrung. Häufig führen Meeresströmungen diese dem festen Lande entstammenden organischen Massen weit ins Meer hinaus, begleitet von Milliarden hungriger Lebewesen jeder Art und Größe, aber die Mitten der Ozeane und ihre Tiefen samt den dort lebenden Tieren müssen auf andere Nahrungsquellen angewiesen sein. Passend vergleicht Walther diese Gebiete mit einem Industrieland; wie ein solches sind sie durchaus auf eine Einfuhr von Nahrungsstoffen angewiesen.

Nun hat auch das Meer seine Pflanzen, die sich allerdings meist nur in der Nähe der Küsten und nahe dem Wasserspiegel vorfinden. Denn der oben erwähnte Vorgang der Assimilation kann in den Pflanzen nur dann stattfinden, wenn die alles belebenden Strahlen der Sonne sie bescheinen. Unter ihrem Einfluß bilden sich in den Pflanzenzellen, die mit einem meist grünen, oft auch gelblichen oder rotbraunen Inhalt

angefüllt sind, organische Verbindungen. Die Lichtstrahlen verlieren aber, wie wir sahen, beim Eindringen in das Wasser gar bald ihre Kraft, und zwar sind es gerade die für diesen Vorgang der Assimilation so nötigen roten Lichtstrahlen, die zuerst verschluckt werden. Aus diesem Grunde verschwindet die Pflanzenwelt immer mehr, je weiter das Schließnetz ins Meer hinabsteigt. So kann man von oben nach unten drei Zonen unterscheiden. Die oberste reicht bis 80 m; in ihr findet sich unter dem Einfluß des Sonnenlichtes ein großer Reichtum assimilierender Pflanzen, anfangs solche mit grünem Farbstoff, weiter unten übergehend in braune oder Ledertange und endlich in Rottange. In der zweiten Schicht bis 350 m hat die Pflanzenwelt ganz erheblich abgenommen, doch haben sich dem hier herrschenden Dämmerlichte, das in der untersten Stufe unseren Augen kaum wahrnehmbar sein dürfte, einige Diatomeengattungen noch anpassen können. In der untersten Zone ist das Pflanzenleben so gut wie erloschen. Nur die zu den Kugelalgen gehörenden Halosphaeren sind noch in Tiefen von 1000 bis 2000 m lebend angetroffen worden; von einer Assimilation kann aber dort jedenfalls nicht mehr die Rede sein. Auch solche Pflanzengebilde niedrigster Art, die Bakterien, die infolge Mangels einer solchen assimilierenden Farbsubstanz gewissermaßen als Schmarotzer im Meerwasser leben und sich von den herabsinkenden organischen Stoffen ernähren, können in großen Tiefen noch existieren, und die Deutsche Tiefsee-Expedition stellte ihr Vorhandensein noch in 1758 m Tiefe fest. Nur die allergrößten Tiefen scheinen frei von ihnen zu sein. Da sehr viele dieser Bakterien lichtscheu sind, werden die tieferen Schichten mehr von ihnen bevorzugt als die helleren, der Oberfläche näheren. Sie spielen jedenfalls auch im Meere als Zersetzer abgestorbener organischer Stoffe dieselbe wichtige Rolle wie auf dem Lande.

Alle Meerespflanzen gehören zu den Kryptogamen, d. h. sie erzeugen keine mit bloßem Auge sichtbare Blüten, Früchte oder Samen. Wir können sie in festsitzende und frei treibende einteilen. Erstere werden sich, wie aus dem eben Gesagten hervorgeht, nur im flachen Küstenwasser entwickeln können; sie bilden die Küstenflora, die in einem schmäleren oder breiteren Gürtel sich bis zur Tiefe von etwa 30 m ins Meer hinein erstreckt. Manche von diesen Küstenpflanzen können allerdings den Anschein erwecken, als ob sie aus größeren Tiefen emporsteigen,

wenn man sie an steil abfallenden Küsten mehrere hundert Meter vom Strande entfernt findet. Dazu gehört beispielsweise die Macrocystis pyrifera von der Südspitze Amerikas, deren flatternde, dunkelgrüne Blätter, die eine Länge von 200 bis 300 m erreichen sollen, 100 bis 200 m schräg vom Boden aufsteigen und, wie die unserer Vallisneria, flach im Meere an der Oberfläche schweben. Zahlreiche andere Tangarten gehören hierhin, so die Riementange (Laminaria), deren schmale bandförmige Blätter, die bis zu 3 m lang werden, teilweise eßbar sind. Dahin gehören auch die Riesentange (Nereocystis), die eine Länge von 90 m erreichen können und von Mertens in seiner Flora Alaskas zuerst erwähnt wurden. Der Stengel der Pflanze wird durch einen Luftsack von der Gestalt einer Rübe schwimmend erhalten, der eine Länge von mehr als Mannesgröße erreichen kann. Auf diesem Luftballon entspringt ein Büschel dicker schmaler Blätter, die schließlich als Rosetten von 10—20 m Durchmesser dichte unterseeische Wiesen an den nördlichen Küsten Asiens und Amerikas bilden.

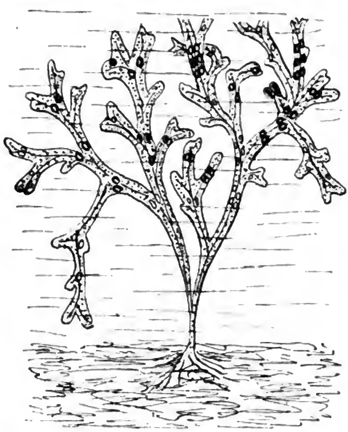


Fig. 19. Blasentang (Fucus vesiculosus).

Einen kleineren Vertreter hat dieser Riesentang an unseren Küsten, den Blasentang (Fucus vesiculosus, Fig. 19), dessen Blätter durch zwei einander gegenüberstehende Blasen schwimmend erhalten werden. Ferner sind noch zu nennen sich wie Schlangen windende Aliarien, baumförmig verzweigte Lessonien, zahlreiche zierliche Florideen mit rotem oder violettem Farbstoff und die grünen Rasen zarter Algen, die Steine, Felsen und Muscheln an der Küste überziehen. Höchst interessant sind manche der meerbewohnenden Tange und Florideen (Phyllocladia, Wrangelia u. a.) deshalb, weil sie unter Wasser ein gewisses Leuchten zeigen und ein mattes Licht auszustrahlen

scheinen. Dieses geht aber, wie Untersuchungen gezeigt haben, nicht von den Pflanzen selbst aus, sondern wird bewirkt durch das reflektierte Tageslicht, dessen wenige in die Tiefen gesandten Strahlen von den Pflanzen eifrig gesammelt werden. Zu diesem Zwecke besitzen letztere in den oberen Zellen ihrer Blätter Platten mit unzähligen linsenartigen, durchsichtigen Körperchen, die die blauen und grünen Strahlen zurückwerfen, die für die Pflanzen so wichtigen roten und violetten aber auf die unter ihnen liegenden Chlorophyllkörner leiten und daher für das Leben in den lichtarmen Schichten unentbehrlich sind. Demselben Zweck scheinen auch die zierlichen, gegitterten und facettierten Schalen vieler Diatomeen zu dienen, die wir unter dem Mikroskop so sehr bewundern.

Einen Übergang zu den frei im Meere treibenden Pflanzen macht der Beerentang (Sargassum bacciferum) insofern, als große Massen von ihm im Atlantischen Ozean zwischen 20° und 30° nördlicher Breite treiben und das bekannte Sargasso bilden, von dem jener Meeresteil seinen Namen hat. Da diese Tangwiesen aber urspünglich von Küstenpflanzen an den westindischen Inseln stammen, von wo die herrschenden Winde sie auf das hohe Meer hinaus entführt haben, gehören sie rechtmäßig nicht zur Planktonflora. Von diesen Tangwiesen sind vielfach durch die Berichte der Seefahrer recht übertriebene Darstellungen gemacht worden; bekannt ist, daß Columbus, als er diese treibenden Pflanzenmassen in Sicht bekam, sie für das ersehnte Festland hielt. Die Plankton-Expedition hat sich auch mit dem Sargassomeer beschäftigt. Sie konnte feststellen, daß die Pflanzenbüsche im allgemeinen ziemlich vereinzelt treiben; nur bei stärkerem Winde, dessen Richtung die treibenden und durch Luftbläschen getragenen Blätter annehmem, legen sich die Pflanzen zu schwimmenden Wiesen zusammen, deren wirklicher Größe jedenfalls nicht die früheren Vorstellungen entsprechen. Die Menge der Tangmassen ändert sich aber jährlich.

Die Planktonforscher fanden im Sargassomeer eine auffallende Armut an Tieren; hauptsächlich sind es Seenadeln und Seepferdchen, die sich mit ihrem Schwanz an den Pflanzen festhalten, Kolonien von Hydroidpolypen, ferner Krabben und Garneelen, die diese Tangwiesen bewohnen, dazu eine größere Anzahl mikroskopisch kleiner einzelliger Tiere. Als Agassiz einst die Sargassobüschel untersuchte, fand er darin ein aus

verfilzten Tangmassen gebildetes Nest von der Größe einer starken Faust, in dem sich eine große Anzahl Eier befand. Da Nestbau bei den Fischen bekanntlich zu den Ausnahmen gehört, das Bauwerk aber wohl nur von einem solchen herrühren konnte, wurde er neugierig; er that das Ganze in ein Glas und nach einiger Zeit schlüpften aus den Eiern kleine Fischchen (Chironectus pictus), die, wie sich herausstellte, den Meerteufeln unser Nordsee nahe verwandt waren. Auffallend ist die Ähnlichkeit in Farbe und Form, die viele dieser Tangbewohner mit den Pflanzen haben, sie ist oft so groß, daß es schwer hält, Tiere und Pflanzen voneinander zu unterscheiden.

Die Hauptmasse der organischen Stoffe wird aber von den Pflanzen des Planktons gebildet, die frei schwebend die Oberflächenschichten oft in solcher Unzahl bevölkern, daß das Wasser durch sie wie gefärbt erscheint. Sie gehören fast alle der Gruppe der einzelligen Algen an, und ihre ungeheure Anzahl erklärt sich aus dem riesigen Fortpflanzungsvermögen, das ihnen innewohnt. Das so gut wie gar keine höher organisierten Pflanzen zur Planktonflora gehören, ist auf den ersten Blick auffallend, erklärt sich aber daraus, daß die pflanzlichen Gebilde des Meeres wegen der überaus günstigen Beschaffenheit ihrer sich stets gleichbleibenden Umgebung ihre ursprüngliche Einfachheit bis heute bewahren konnten; bei den Landpflanzen dagegen, wo Klima, Bodenbeschaffenheit ꝛc. ganz wechselnde Lebensbedingungen schaffen, erzeugte erst dieser Notstand die höher und am höchsten organisierten Formen. Zu den schwebenden Meerespflanzen gehören vor allem die zierlichen Diatomeen, von deren zu Boden sinkenden Schalen wir schon früher gesprochen haben; dann die ebenfalls mit einem Kieselpanzer umgebenen Dinoflagellaten und besonders die Peridineen (Ceratium tripos, Fig. 20).

Nach Berechnung von Hensen beträgt die Bildung organischer Substanz durch diese mikroskopisch kleinen, auf der Grenzscheide zwischen Pflanzen- und Tierwelt stehenden Organismen jährlich in einem Quadratmeter Meerwassers etwa 150 g, von denen 130 g allein auf die oft absonderlich geformten Ceratien kommen. Die Zahl dieser Pflanzenorganismen des Oberflächenwassers ist danach eine ungeheuer große. Bei einem Netzzug durch eine 20 m dicke Oberflächenschicht wurden 5 700 000 Organismen gezählt; fünf Millionen stellten

davon allein schon die Algen. Eine scharlachrote Kugelalge (Protococcus atlanticus) erfüllt zu Milliarden oft das Meer an den Küsten Portugals, ähnlich wie die roten Bündel einer Fadenalge (Trichodesmium erythraeum) in gewissen Monaten die Oberflächenschichten des Roten Meeres, des Stillen und Atlantischen Ozeans färben. — Es sei schon hier erwähnt, daß diese Organismen, gerade so wie viele Planktontiere, trotz ihrer geringen Größe oft überraschende Einrichtungen besitzen, durch die ihnen das Schweben im Wasser erleichtert oder ermöglicht wird. Das kann durch Abscheidung von Fett- und Öltröpfchen geschehen, die dem Organismus zugleich als Reservestoffe dienen, ferner durch Oberflächenvergrößerung durch Streckung und Abflachung, oder durch Bildungen, die man geradezu als Schwebeapparate bezeichnen kann, wie Hörner, Stacheln, Flügel und andere Membranauswüchse.

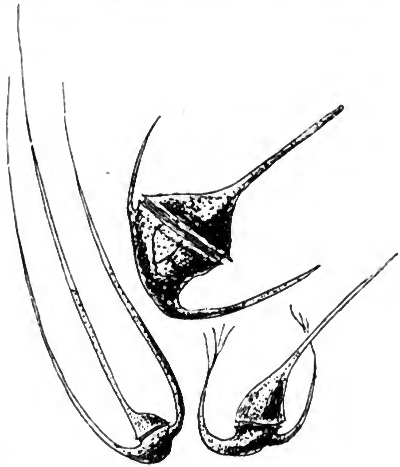


Fig. 20.
Drei Formen von Ceratium, oben C. tripos.

Diese pflanzlichen Urgebilde sind nun in ihrer Gesamtheit für das Tierleben im Meere von der allergrößten Bedeutung. Sie bilden, wie wir sahen, die „Urnahrung"; ihre mikroskopisch kleinen Körperchen dienen zunächst als Futter für die kleineren tierischen Wesen, Foraminiferen (Fig. 8) und Radiolarien (Fig. 9), Hydroidpolypen, kleine Krebstiere, Salpen und andere, sowie für die Milliarden von Larven, die pelagisch leben, um erst später eine andere Lebensweise anzunehmen; sie ersetzen im Meere die Wiesen und Weiden, die Wälder und Felder des Festlandes. Jene kleineren Tiere bilden die Nahrung von größeren, und diese wieder müssen den Magen der zahlreichen Meerriesen füllen. Jetzt verstehen wir auch, wie wichtig eine umfassende Kenntnis der Lebensbedingungen und der Verteilung des

Planktons nicht nur für die wissenschaftliche Erforschung der Meere ist, sondern auch welchen praktischen Wert sie für Fischzucht und Fischfang hat. Deshalb hat sich seit einigen Jahren die Planktonforschung auch unserer einheimischen Gewässer bemächtigt, und die dortigen Verhältnisse teilweise ganz ähnlich den im offenen Meere herrschenden gefunden.

Aber noch eins ist zu beachten. Durch die Assimilation der Pflanzen wird die im Wasser gelöste Kohlensäure zerlegt und freier Sauerstoff abgegeben. Dieser ist aber für die Existenz jeglichen organischen Lebens unbedingt nötig. Untersuchungen des „Challenger", der „Pola" und zuletzt des dänischen Kreuzers „Ingolf" haben festgestellt, daß überall da, wo vorwiegend pflanzliche Gebilde das Plankton ausmachen, das Wasser einen reichen Gehalt an Sauerstoff besitzt.

IX. Abschnitt.

Die Tiere des Meeres.

Nachdem im Jahre 1841 zum ersten Male im Mittelländischen Meere und in der Umgebung der britischen Inseln Untersuchungen über die Natur des Meeresbodens unternommen worden waren, stellte der 1854 verstorbene Edinburger Zoologe Edward Forbes die Behauptung auf, daß unter der Tiefenlinie von 550 m organisches Leben überhaupt nicht mehr zu existieren vermöchte. Dieser Grundsatz des berühmten englischen Gelehrten wurde bald allgemein angenommen und behielt Jahrzehnte lang Geltung. Man konnte sich nicht vorstellen, daß bei dem schon hier herrschenden enormen Wasserdruck, daß hier im Reiche ewigen Dunkels, und bei der, wie man annahm, enorm kalten Temperatur des Wassers irgend welches lebende Wesen sein Dasein fristen könne. Forbes glaubte auf Grund seiner damaligen Kenntnis für die Meeresorganismen in Bezug auf ihre Verbreitung in senkrechter Richtung vier Zonen annehmen zu müssen. Zuerst unterschied er die Küstenzone, eingeschlossen durch die Marken des höchsten und niedrigsten Wasserstandes bei Ebbe und Flut, dann folgte die Zone der Laminarien mit ihren unterseeischen Wäldern und ihrer farbenreichen Tierwelt, darauf die Korallineenzone mit den Stöcken der korallenähnlichen Milleporiden und anderer Hydroidpolypen, mit zahlreichen Stachelhäutern, Krebs- und Muscheltieren, und als letzte schloß sich daran die Zone der Tiefseekorallen, beginnend mit ungefähr 90 m Tiefe und allmählich übergehend in die tote, finstere und kalte Öde.

Zwar hatte schon Roß im Jahre 1818 auf eine seiner Reisen aus ca. 1800 m Tiefe einen Seestern emporgeholt und ihn als ersten Boten eines reichen Lebens aus jenen verschleierten Abgründen von seinen Reisen mitgebracht; er hatte

aber wenig Glauben gefunden. Heute wissen wir, daß in den bedeutendsten Tiefen noch hochentwickelte Tiere, wie Fische, Mollusken und andere, zu leben vermögen und gar oft die Beute des Tiefseeforschers werden.

Die Schwierigkeit, die ohne Grenzen ineinander übergehenden Meeresschichten einzuteilen, ist nicht gering; man war gezwungen, dem Beispiele des Geologen zu folgen, der seine Schichten nach der Häufigkeit der in ihnen vorkommenden Versteinerungen, nach den Leitfossilien unterscheidet.

So hat Perrier die Meerestiefen hauptsächlich nach dem Vorkommen der am Meeresboden lebenden Stachelhäuter eingeteilt. Die erste Zone wird gekennzeichnet durch das Vorkommen eines Haarsternes (Fig. 26) mit auffallend langen Ranken (Antedon phalangium), von Kalkschwämmen (Fig. 21) und Hornkorallen, und reicht bis 500 m Tiefe; die zweite geht bis zu 1000 m Tiefe, die Kieselschwämme (Euplectella, Fig. 23, Holtenia) und wunderbar leuchende Seesterne (Brisinga) treten auf. Die dritte Zone von 1000 bis 1500 m ist reich an Brisinga, es finden sich die blumenartigen Pentacriniden (Fig. 25) und zahlreiche Mollusken (Fussus, Bulla, Trochus, Dentalium); es folgt die vierte von 1500 bis 2500 m mit Caulaster, Democrinus und großen Dentaliumarten, endlich die fünfte Zone, die tiefer als 5000 m reicht, mit Bathycrinus (Fig. 25, 3), Hemiaster und Pourtalesia. Einige Seegurken (Oneirophantes, Fig. 24, Peniagone), die überhaupt oberhalb 5000 m nicht mehr vorkommen, würden vielleicht die sechste Zone auszeichnen. — Ähnlich hat Haeckel das Vorkommen der frei schwebenden Radiolarien (Fig. 9) zur Einteilung der Schichten in senkrechter Richtung benutzt. Er unterscheidet eine pelagische Zone bis gegen 45 m, eine erleuchtete bis zum Aufhören der letzten Lichtstrahlen, eine dunkle Zone bis gegen 3600 m, eine Kieselzone bis ungefähr 5400 m und eine abyssische Zone, das Gebiet der kalten Strömungen und Tiefseeablagerungen.

Es braucht nicht gesagt zu werden, daß diese Grenzen keine scharfen sind, und daß diese unterseeischen Lebensbezirke ganz allmählich ineinander übergehen und ihre unteren und oberen Scheidelinien durch örtliche Verhältnisse sehr oft verschoben werden. Der Übergang von der einen zur anderen Zone wird sich im allgemeinen sehr langsam vollziehen. Wir wollen uns deshalb hier einer allgemeineren Einteilung anschließen und

die Meerestiere entsprechend ihrem hauptsächlichen Vorkommen unter der Zusammenfassung als litorale, Tiefsee- und pelagische Fauna betrachten.

Die Litoral- oder Küstenzone der Meere zeichnet sich vor den oberflächlichen Schichten der Hochsee und den tieferen Senken vor allem durch ihre Bewegtheit aus. Ebbe und Flut, Winde und Stürme lassen das Wasser nicht zur Ruhe kommen und nötigen Tier- und Pflanzenwelt, sich fest vor Anker zu legen oder sich auf andere Art gegen die Bewegung der Wassermassen zu schützen. Das Licht kann das flache Wasser gut durchdringen, und durch die zahlreichen Küstenpflanzen ist für Nahrung und Lebensluft reichlich gesorgt. Wo Flüsse in den Küstensaum einmünden, mischt sich das süße mit dem Salzwasser, der Untergrund ist bald sandig, bald felsig, kurz, für die Lebewelt der Küstenzone sind so wechselnde und vielseitige Lebensbedingungen gegeben, daß sich schon hieraus die große Mannigfaltigkeit der Tierformen zur Genüge erklärt.

Die Bewohner der Litoralzone zeigen noch vielfach große Ähnlichkeiten mit den Landtieren, so daß wir annehmen müssen, daß viele von ihnen erst von dort her in ihr jetziges Element eingewandert sind. Es hat aber auch eine Einwanderung in die Flüsse landeinwärts stattgefunden, und an einigen Beispielen aus der Tierwelt können wir heute den Verlauf dieser Wanderung und die bisher erreichte Grenze ganz genau verfolgen. Einige Süßwasserfische (Hecht, Barsch) können das Seewasser ganz gut ertragen, andere (Maifisch, Lachs, Stör) ziehen regelmäßig von einem ins andere, die Flunder kann leicht an das süße Wasser gewöhnt werden. Teils auf solcher Einwanderung ins Land, teils auf den Folgen großer geologischer Veränderungen unserer Erdoberfläche beruht die auffallende Erscheinung, daß wir in manchen Binnenseen Tierformen finden, die echte Seefische sind, so in den skandinavischen Seen einen zur Gruppe der Panzerwangen gehörigen Fisch (Cottus quadricornis), einen echten Seefisch und Verwandten unseres Kaulkopfes, in den oberitalischen Seen Arten der Grundel (Gobius), des Schleimfisches (Blennius) und andere. Auch das Kaspische Meer, die Inlandseen der afrikanischen Scholle und andere große heute abgeschlossene Binnenseen, der Ladoga See, der Wetter- und Wenernsee u. a. zeigen derartige Beziehungen zur See und beweisen uns dadurch, daß sie einstmals zu

Zeiten großer Erdrevolutionen vom Weltmeere abgegliedert wurden.

Je nachdem wir eine rasch abfallende, von der Brandung stetig umspülte Steilküste vor uns haben oder einen sandigen, langsam absteigenden Strand, ändert sich das Bild der Litoralfauna. Dort sehen wir ein Heer possierlich aussehender Krabben eifrig beschäftigt, einen gestrandeten Seefisch zu zerlegen, unbekümmert um die Wellen flockigen Schaumes, die über ihnen zusammen brechen. Eine eigentümliche Art der Verteidigung hat die Natur diesen Geschöpfen mit auf den Lebensweg gegeben; sobald irgend ein Feind eine ihrer Scheren kräftig packt, sind sie imstande, durch einen plötzlichen Ruck sich des gefangenen Gliedes zu entledigen, sich selbst zu „amputieren", und bevor sich der verblüffte Gegner von seinen Schrecken erholt hat, sind sie längst seinem Gesichte entschwunden. Das abgeworfene Glied, das immer an einer bestimmten Stelle sich ablöst, wächst bald nach, und man hat nachgewiesen, daß zur Ausführung der Operation den Tieren sogar ein besonderer Muskel zur Verfügung steht, den man den Brechmuskel genannt hat.

Hier, auf dem Meeresboden, spielt der Kampf ums Dasein eine vielleicht noch wichtigere Rolle als auf dem Lande; zwei gepanzerte Ritter des Meeres, ein Hummer (Homarus vulgaris) und die dornbewehrte Languste (Palinurus vulgaris), machen sich dort gegenseitig die Beute streitig; auf dem felsigen Grunde lauert ein großer weißgrauer Krake (Octopus vulgaris) mit philosophischer Ruhe und stoisch blickenden Schlitzaugen auf Beute. Sobald er aber erregt wird, ändert sich sein Aussehen; die Haut bedeckt sich mit warzigen Körnern und nimmt braune, rötliche, gelbe Färbungen an. Trümmer von Korallenstöcken, Schalen von Muscheln und Schnecken bedecken in buntem Durcheinander den Seegrund. Hauptsächlich in der Nähe der Flußmündungen finden wir die Schalen der Klaffmuscheln (Mya), der Korbmuschel (Corbula) und zahlreiche andere; im weichen Meeresschlamm ruhen verborgen die Sandmuschel (Psammobia) und die Sonnenmuschel (Tellina), ausgezeichnet durch zwei lang ausgestreckte, getrennte Röhren, die zur Aufnahme und Abgabe des Atemwassers dienen. In den wärmeren Meeren finden wir am Grunde, in der Tiefe von 12 bis 30 m die echte Perlmuschel (Meleagrina margaritifera)

mit rundlich viereckiger Schale. Taucher holen an ihren Hauptfundstätten, im persischen Meerbusen, an der Westküste von Ceylon, bei Japan, im Meerbusen von Mexiko und in der Kalifornischen Bucht die Schalentiere ans Tageslicht, wo sie nach ihrem kostbaren Inhalt durchsucht werden. An den Küsten des Atlantischen Ozeans, der Nordsee und des Mittelmeeres lebt in großen Gesellschaften die schmackhafte Auster (Ostrea edulis), die der gewinn- und genußsüchtige Mensch in sog. Austernparks züchtet und mästet. Gewisse Küstenstriche des Mittelmeeres, so die Gestade bei Tripolis und die Ostküste der Adria, bewohnt in geringer Tiefe unser Badeschwamm (Euspongia officinalis). Mittels vierzinkiger langer Gabeln spießt man die Schwammkolonien auf und zieht sie ins Boot. Ans Land gebracht, werden sie geknetet und getreten, damit sich die weiche Körpermasse von dem Horngerüst löse, darauf gereinigt und gebleicht. Der Sand, der sich beim Einkauf manchmal noch in den Schwämmen findet, wird von schlauen Händlern absichtlich zugesetzt, damit er das Gewicht ihrer Ware erhöhe. Der beste ist der becherförmige, blaßgelbe Levantinerschwamm, der sich besonders an den Küsten Kleinasiens findet; die schlechteste Sorte des Handels bildet der grobe Pferdeschwamm.

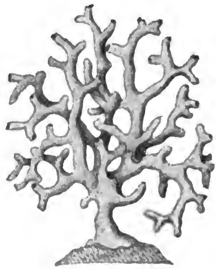


Fig. 21.
Stock eines Kalkschwammes
(Ascyssa acufera).

Stachelige Seeigel, Seesterne in mannigfaltigen Formen und oft prachtvoll roten Farben finden wir dort zwischen den Seepflanzen in enger Nachbarschaft mit kopfgroßen Klumpen oder zierlichen Bäumchen von Schwämmen (Fig. 21) und Kolonien von Quallen erzeugenden Polypen (Fig. 22), mit farbenprächtigen Seeanemonen, den Lilien, Nelken und Rosen dieser unterseeischen Gärten, und mit Röhrenwürmern (Serpula), die ihre blaßroten Fiederkronen entfaltet haben. Von Polypen wird auch jenes zierliche, unter dem Namen Seemoos bekannte Gewächs angefertigt, das man jetzt so oft in kleinen Ampeln als Zimmerschmuck sieht. Es wird gebildet durch die zarten Kolonien von Sertularien, die jetzt auch an den deutschen Küsten gesammelt und dann künstlich grün gefärbt werden.

Ein ganzes Heer verschiedener Tierformen hat sich als Wohn- und Jagdgebiet die vielgestaltigen, zierlichen oder massigen Kalkbauten der Korallentiere auserwählt. Dazu gehören nicht nur die Meerdattel, Bohrmuscheln und Bohrschwämme, Papageifische und Holothurien, sondern auch der rätselhafte Palolowurm, dessen wahre Natur erst vor kurzem von Krämer und Friedländer zu gleicher Zeit erkannt worden ist. Dieses rätselhafte Wesen ist das hintere, fast nur aus Fortpflanzungsprodukten bestehende Ende eines wahrscheinlich zu den Euniciden oder Kieferwürmern gehörigen Wurmes, der im Korallenkalk wohnt. Er erscheint ganz regelmäßig bei Eintritt des letzten Mondviertels im Monat Oktober oder November an den Küsten der Samoa-, Tanga-, Viti- und Gilbertinseln und wird dann von den Eingeborenen massenhaft verspeist. Woher dieser rätselhafte Zusammenhang mit den Mondphasen kommt, ist uns zur Zeit noch völlig unklar; er ist aber so groß, daß, wie Friedländer beobachtete, auch in einem Eimer Seewasser, in dem die Korallenstücke enthalten waren, die Abstoßung der Geschlechtsprodukte genau zu derselben Zeit stattfand.

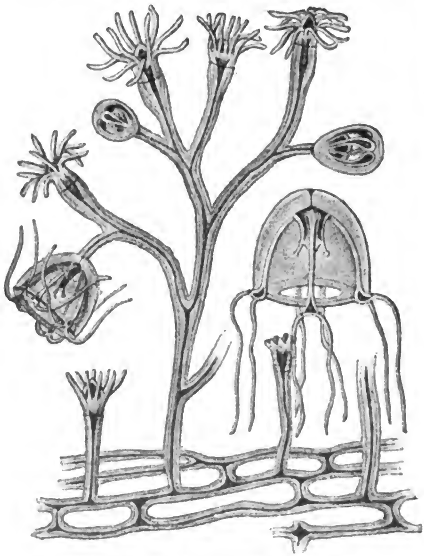


Fig. 22. Polypenstock (Bougainvillea ramosa) mit knospenden und sich ablösenden Medusen.

Ein Leben voll Farbenpracht und Formenschönheit wogt in diesen unterseeischen Gärten der Korallenfauna. Brooks, der die Lagunen an den Bahamainseln studiert hat, schreibt

darüber: „In Nassau auf den Bahamainseln wird der Besucher in ein kleines Boot genommen, das am Boden Scheiben von Fensterglas hat, um am inneren Ende des Kanals, durch welchen das reine Wasser des offenen Meeres zwischen zwei Koralleninseln in die Lagune fließt, die „Meeresgärten“ zu besuchen. Hier wachsen die wahren Riffkorallen im stillen Wasser, wo sie besucht und erforscht werden können. Wenn es von der senkrechten Tropensonne und von dem Lichte erleuchtet wird, das der weiße Boden reflektiert, ist das reine, durchsichtige Wasser so klar wie die Luft, und die kleinsten Objekte sind bis 40 oder 50 Fuß hinab durch den Glasboden des Bootes deutlich sichtbar .... Der allgemeine Eindruck ist sehr gartenähnlich, und die schönen schwarzen, goldgelben und irisierend kobaltblauen Fische schweben hin und her wie Vögel zwischen den Dickichten von gelben und lilafarbigen Hornkorallen. Die Papageifische scheinen die Pflanzen abzupflücken wie Kaninchen, aber sorgfältigere Prüfung zeigt, daß sie die Spitzen der Gorgonien und sich verzweigenden Madreporen abbeißen und nach den kleinen Krustern jagen, die sich im Dickicht verstecken, und daß alle die scheinbaren Pflanzen in Wirklichkeit Tiere sind. Die zarten, sternähnlichen Blumen sind die roten Köpfe bohrender Ringelwürmer oder die scharlachroten Tentakel von Seeanemonen, und das Dickicht wird gebildet von blassen, lavendelfarbigen Büscheln sich verzweigender Madreporen und grünen, gelben oder olivenfarbigen Massen von Korallen, von Alcyonarien aller Farben, von gelb bis purpur, lila und rot, und von schwarzen, braunen und roten Schwämmen. Selbst die Flechten, welche die Felsen bedecken, sind Hydroidkorallen, und der ganze Meeresgarten ist ein dichtes Gebüsch von Tieren, in dem das Pflanzenleben nur vertreten ist durch einige Kalkalgen von so fremdartiger Gestalt und Textur, daß sie viel weniger pflanzenähnlich sind als die wirklichen Tiere.“

Je weiter wir uns von der Küste und diesen „Gärten Poseidons“ entfernen, je mehr wir vom Lichte weg uns den finsteren Gründen der Tiefsee nähern, desto mehr ändert sich das Bild. Dort ewiger Wechsel, fortwährende Bewegung, hier starre Ruhe. Mag hoch oben der wilde Orkan seine furchtbare Stimme erschallen lassen, die Tiere der Tiefsee muß er unbehelligt lassen. Herrschte an der Küste bei allen Tierformen vor allem das Bestreben nach Festigkeit der Körper-

decke, nach einer gewisse Stabilität der Formen, nach engem Aneinanderschließen zum Zwecke gegenseitigen Schutzes vor, so finden wir in der Tiefsee mehr einzeln lebende Tiere, und die Massigkeit des Körpers hat hier einer oft entzückenden Eleganz der Gestaltung Platz gemacht. Dabei zeigen die Tiefseetiere vielfach eine Farbenpracht, die man früher dort nicht geahnt hatte, und die nur dadurch zu erklären ist, daß ihnen der Schutz einer der Umgebung angepaßten Färbung bei dem Mangel des Lichtes unnötig war, während sich die Bewohner der Flachsee am besten stehen, wenn sie ihrer Umgebung möglichst ähnlich sind oder als grau im Grauen verschwinden. Wir werden später genauer sehen, daß die Tiefseetiere sich den veränderten Verhältnissen in oft überraschender Weise anzupassen gewußt haben.



Fig. 23. Kieselskelett des Gießkannenschwammes (Euplectella aspergillum).

Die echten Tiefseebewohner leben am Boden des Meeres oder halten sich doch in ihrer Nähe; es hat sich allerdings gezeigt, daß gewisse freischwimmende Fische auch in weiterer Entfernung vom Boden angetroffen werden und deshalb als mehr pelagisch lebend anzusehen sind. Die „intermediäre" Schicht, die sich zwischen der Oberflächenschicht und dem eigentlichen Tiefseegebiet befindet, scheint durchaus nicht so arm an lebenden Tieren zu sein, als man noch vor kurzem anzunehmen gewohnt war. Die Netze der Deutschen Tiefsee-Expedition holten aus ihr zahlreiche Formen heraus, die man vorher nur als typische Tiefseebewohner gekannt hatte.

Echte Tiefseetiere sind in erster Linie die Glasschwämme, Gebilde von oft ganz bedeutender Größe, deren Skelett aus eng verfilzten feinen Kieselnadeln (Fig. 23) besteht. Wie ungeheuer zahlreich diese meist regelmäßig becher- oder schlauchförmig gestalteten Wesen den Boden des Meeres an manchen Stellen bedecken müssen, geht schon daraus hervor, daß die „Valdivia" in der Nähe des Thomson-Rückens im Nordatlan-

tischen Ozean mit einem Zuge mehr als 4000 Stücke eines und desselben Tiefseeschwammes ans Tageslicht brachte. Vor ungefähr 60 Jahren kamen die ersten Glasschwämme nach Europa, und erst seit 1860 weiß man Genaueres über diese merkwürdigen Bewohner der Tiefsee. Von den Bewohnern der ostasiatischen Inselreihen wurden sie schon lange als Zierrat in ihren Wohnungen verwendet. Einer der schönsten dieser Glasschwämme ist das Venuskörbchen (Euplectella aspergillum). Der röhrenförmige, ca. 30 cm lange, sanft gebogene und in einen Wurzelschopf ausgehende Körper ist oben durch eine siebartig durchlöcherte Platte, die dem Tiere auch den Namen „Gießkannenschwamm“ eingetragen hat, verschlossen. Das prachtvolle zarte und zerbrechliche Kieselskelett, das allein uns von diesem Tier nach Europa gebracht wird, wird von vielen aneinander gekitteten sechsstrahligen Nadeln gebildet. Das Venuskörbchen wird bei den Philippinen gefunden; ein naher Verwandter (Hyalonema) wird in der Nähe von Yeddo gefangen, indem man vom Boote aus lange, mit Haken besetzte und beschwerte Schnüre über den Boden zieht, in denen sich die Schwämme verwickeln. Obgleich die Glasschwämme in erster Linie Bewohner der wärmeren Meere sind, so haben sie doch auch, wie bereits erwähnt, in kälteren ihre Vertreter; so fischte das Schleppnetz des „Porcupine“ bei den Faröern die becherförmige Holtenia Carpenteri, und die Deutsche Nordpolarexpedition fand Vertreter dieser Gattung im Norden von Spitzbergen in 1000 m Tiefe. Interessant sind die Glasschwämme auch aus dem Grunde, weil sie sehr oft anderen Tieren als Wohnung und Zufluchtsort dienen. Dahin gehören vor allem eine zollange Assel (Aega) und ein Pärchen einer Art von kleinen Garneelen (Palaemon). Letztere, Männchen und Weibchen, gelangen als Larven in den Schwamm hinein und werden schließlich so groß, daß sie ihr Leben lang in diesem selbst gewählten Gefängnis zu bleiben gezwungen sind und daß so der Glaspalast auch ihre Gruft wird. Auch sonst scheint ein harmonisches Verhältnis der Gastfreundschaft zwischen den Schwämmen und den so ungleich höher stehenden Krebstieren zu bestehen, denn man kennt noch einen anderen Krebs (Typton spongicola), dessen mehr als zollanger Körper in Schwämmen wohnt.

Von den Nesseltieren, unter welchem Namen man die Polypen, Quallen und Korallentiere zusammengefaßt, giebt es

eine große Anzahl Tiefseebewohner; dazu gehören Seeanemonen, deren manche einen Übergang aus dem strahligen Bau in den bilateralen zeigen, der bereits eine rechte und eine linke Seite unterscheiden läßt; ferner einzeln lebende Korallen (Flabellum, Stephanotrochus) und Kolonien von solchen, von denen Lophohelia prolifera auch in der Tiefsee Riffe von bedeutender Mächtigkeit bilden kann, solche mit Hornskelett (Anthipathes) und endlich die achtarmigen Korallen, zu denen auch unsere Edelkoralle (Fig. 5), die aber unter 200 m nicht mehr vorkommt, sowie die leuchtenden Seefedern (Pennatula) und andere schöne Formen gehören. Selbst von den zarten und ätherischen Quallen und Schwimmpolypen

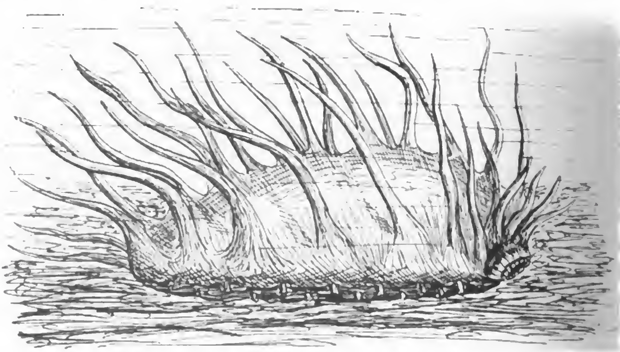


Fig. 24. Eine Seewalze aus der Tiefsee (Oneirophantes mutabilis).

sind heute zahlreiche Vertreter in größeren Tiefen bekannt; die merkwürdigen Schwimmpolypen wurden noch in 2700 m gefunden, zarte Wurzelquallen (Cassiopeia) noch in 3670 Tiefe.

Echte Tiefseebewohner sind vor allen die Stachelhäuter, die in ihrer ganzen Lebensweise auf den Meeresgrund angewiesen sind, vor allem die abenteuerlichen Seewalzen oder Holothurien (Oneirophantes, Fig. 24, Psychropotes u. a.), von raupenähnlicher Gestalt mit langen, tentakelähnlichen Fortsätzen, merkwürdige Seeigel (Salenia) mit oft riesigen Stacheln; bewegliche, lebhaft rot oder orange gefärbte Schlangensterne (Ophiomusium), wunderbar leuchtende Seesterne (Brisinga) und Angehörige der uralten Familien der Haarsterne (Fig. 26) und Seelilien (Fig. 25).

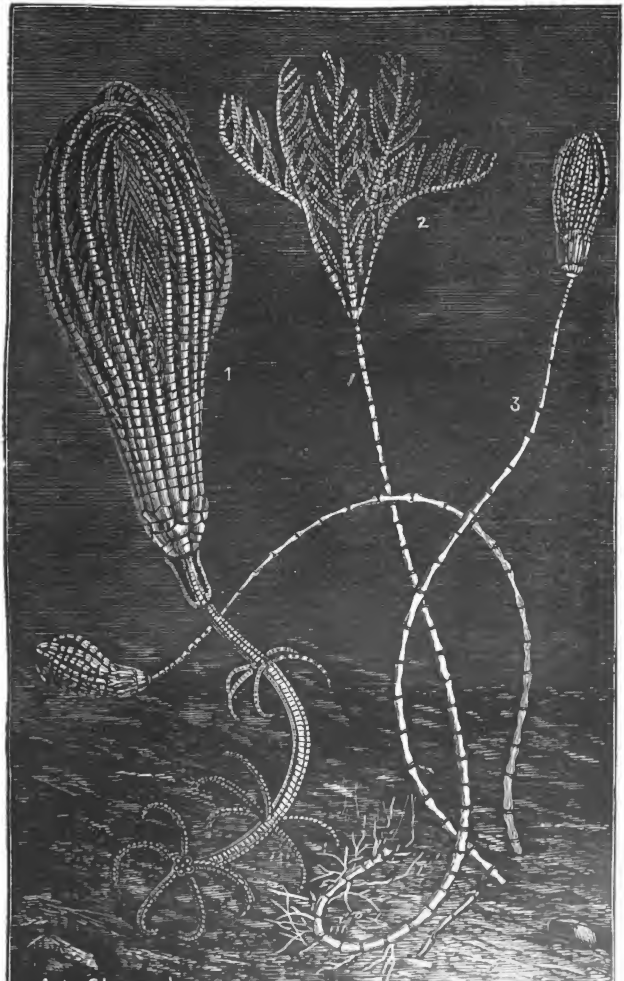


Fig. 25. 1. Pentacrinus Wyville Thomsoni. 2. Rhizocrinus lofotensis.
3. Bathycrinus gracilis.

Letztere treten schon in den ältesten Schichten der cambrischen Formation, erstere erst im Jura auf. Obgleich die Hauptzeit ihrer Blüte längst vergangenen Jahrtausenden angehört, scheinen sie stellenweise mit ihren auf schlankem, gegliedertem Stiele getragenen tentakelreichen Körper den Meeresboden geradezu zu bedecken. Als Jeffreys sein Schleppnetz in der Nähe von Kap Vincent in die Tiefe von fast 2000 m hinabließ, brachte es zwanzig Stück einer und derselben Seelilie (Pentacrinus Thomsoni, Fig. 25, 1) herauf, und der „Challenger" erbeutete in der Südsee deren sogar fünfzig mit einem Male. Die Haarsterne (Antedon, Fig. 26), die übrigens meistens seichteres Wasser vorziehen, gleichen auf den ersten Blick den Schlangensternen; sie können sich mit Hilfe ihre Arme frei bewegen, machen aber in ihrer Entwicklung auch ein festsitzendes, sog. Pentacrinusstadium durch, ein Beweis, daß für die Haarsterne die festsitzende Lebensweise der ursprünglichere Zustand war.

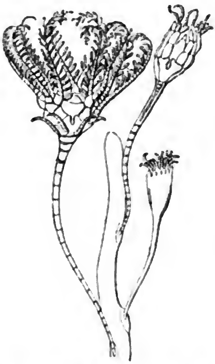


Fig. 26. Antedon rosacea, Pentacrinusstadien in verschiedener Entwicklung.

An Würmern sind die Tiefseegründe sehr arm; zu erwähnen sind nur die Röhrenwürmer, die im Atlantischen Ozean aus mehr als 5300 m Tiefe, bei den Viti-Insel in 5200 m, zwischen Japan und den Sandwich-Inseln in 5600 m Tiefe angetroffen wurden. Tausendfüße und Insekten fehlen ganz; von Spinnenasseln seien hier die gelbbraunen Colossendeisarten genannt, deren lange Beine bis zu zwei Fuß klaftern, während der eigentliche Körper nur wenige Millimeter lang ist. Desto verbreiteter ist aber dort das artenreiche Geschlecht der Krebse. Sie machten in antarktischen Breiten manchmal etwa ein Fünftel der ganzen Beute aus größeren Tiefen aus. Unter diesen ist die Riesenassel (Bathynomus giganteus) zu nennen, die die für diese Gruppe kolossale Größe von 23 cm erreicht, ferner die Gnathophausien, deren dünnhäutiges Rückenschild nur die Schwanzsegmente freiläßt, endlich blinde (Thaumastocheles, Fig. 27), zum Teil aber auch mit guten Augen versehene Zehnfüßler, die durch ihre fadendünnen Fühler und riesen-

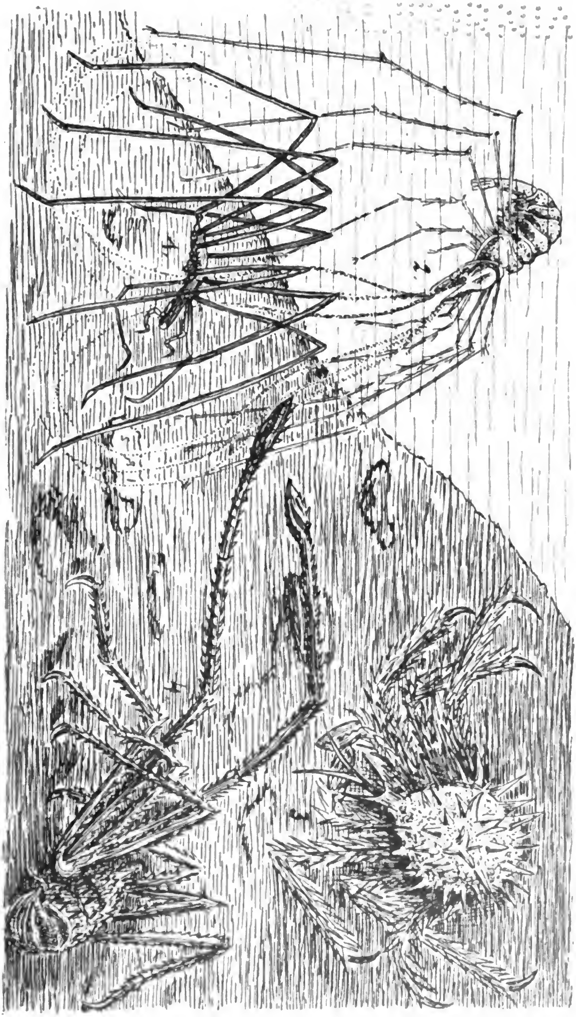


Fig. 27. Gliedertiere aus der Tiefsee. 1. Colossendeis ascuala. 2. Nematocarcinus gracilipes. 3. Lithodes ferox. 4. Pachygaster formosus.

langen Beine ebenso auffallen (Nematocarcinus, Hapalopoda), wie durch ihre oft hochroten, violetten oder braunen Färbungen.

Die Mollusken nehmen an Zahl ab, je mehr wir uns den größeren Tiefen nähern, was wohl durch die Kalkarmut der tieferen Schichten seine Erklärung findet.

Die Fische der Tiefsee, die uns hier besonders interessieren, geben sich schon durch ihr Äußeres als Bewohner jener finsteren Gründe zu erkennen; ihre Grundfarbe ist meist ein tiefes Sammetschwarz, Flecken oder besondere Zeichnungen fehlen ihnen. Fast allen gemein ist ein mit Zähnen gespicktes, sehr großes Maul, dessen Unergründlichkeit bei dem im Schlamme hausenden Melanocetus Johnstoni (Fig. 28, 3) durch einen riesigen Magensack, der drei Viertel des Tieres ausmacht, gekennzeichnet wird; beim Pelikanfisch (Saccopharynx pelecanoides, Fig. 28, 1) einem im übrigen aalartig aussehenden Fisch, findet das riesige Maul eine Fortsetzung in einem mächtigen Kehlsack, so daß das Tier, wie Marshall treffend sagt, „in seiner Gestalt Löffel und Trichter vereinigt". Wie der unersättliche Moloch, einer lebenden Fischreuse vergleichbar, werden die Tiefseefische mit weit geöffnetem Maule die weite Wasserwüste durchziehen, ruhelos und ohne Heimat.

Viele Tiefseefische haben das Gemeinsame, daß ihr Körper mit langen Anhängen versehen ist, die teils am Kopfe, an den Lippen entspringen, teils mächtig verlängerte Flossenstrahlen sind (Stomias, Eustomias, Melanocetus, Malacosteus); hierüber und über die ihnen eigentümlichen Leuchtorgane werden wir an anderer Stelle zu sprechen haben.

Wie schon vorher gesagt, haben neuere Untersuchungen, namentlich auch, soweit das von der Deutschen Tiefseeexpedition bekannt ist, mit Sicherheit festgestellt, daß eine Anzahl der freilebenden, bisher als Tiefseetiere bekannt gewesenen Tierformen auch in weniger tiefen, in den sog. intermediären Schichten angetroffen werden. Sie gehören danach mehr zu jenen Tieren, die man als pelagische bezeichnet, d. h. solche, die ohne feste Heimat in den Wasserwüsten sich aufhalten. Prof. Chun, der Leiter der Deutschen Tiefseeexpedition, sagt darüber in einem vorläufigen Bericht: „Erst unterhalb dieser Grenze (von 600 m) fand sich eine überraschend reich entwickelte, pelagische Tiefseefauna von Radiolarien (Tuscarora), hochrot gefärbten Pfeilwürmern, violett gezeichneten Medusen

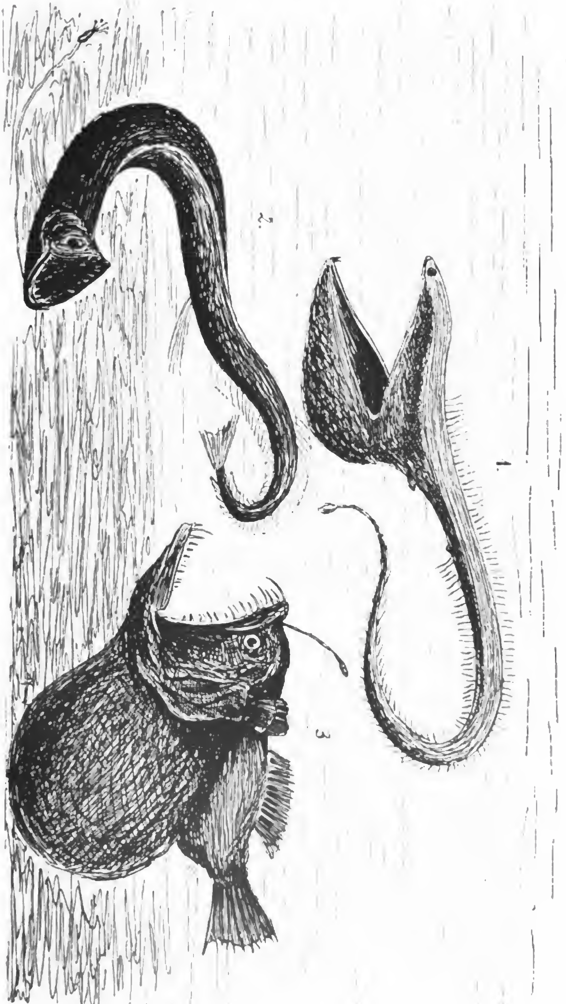


Fig. 28. Tiefseefische. 1. Saccopharynx pelecanoides. 2. Eustomias obscurus. 3. Melanocetus Johnstoni.

und Siphonophoren, nußgroßen Muschelkrebsen mit metallisch glänzenden Refraktoren am Vorderkörper, purpurn gefärbte, gallertartige, flottierende Seewalzen (Holothurien), eine Legion von Leuchtkrebsen (Euphausiden), Copepoden und roten Krustern aus den Gattungen Acanthephyra und Notostomus, blinde, durchsichtige Eryoniden und endlich Tiefseefische". Jedenfalls scheint es festzustehen, daß jene Schichten durchaus nicht so tierarm sind, wie man früher annahm, und dem Schließnetz steht noch die Lösung einer Reihe wichtiger Fragen bevor. Da aber über diese Untersuchungen die Akten noch längst nicht geschlossen sind, wollen wir uns wieder hinaufwenden zu Licht und Sonne, zu der charakteristischen Fauna, die die Oberflächenschichten bevölkert, der Tierwelt des Plankton.

Welch ein Gegensatz zu der stillen Finsternis der Tiefe! Hier ist doch wieder Licht, hier treiben Wind und Wellen wieder ihr Spiel! Auf der anderen Seite aber auch wieder ein bemerkenswerter Unterschied von der Flachsee. Dort fanden wir die Tiere an ihren Lieblingsplätzen, die einen versteckt in den üppigen Tangwäldern, andere im Schlamm auf ihre Beute lauernd; diese zogen steile, felsige, jene sandige Küsten vor; je nach ihrer Vorliebe fanden wir die einen nahe den Mündungen von Flüssen, die anderen durch die zurücktretende Flut auf dem schlammigen Grunde gebettet, kurz, jeder dieser Küstenstriche hatte gewissermaßen seine eigene kleine Welt, die, wenn auch natürlich ineinander übergehend, doch durch einzelne Tierarten genau gekennzeichnet wird. Überall in der Tierwelt der Flachsee fanden wir Anpassungen an die Umgebung, hinsichtlich der Farbe an den bald steinigen, bald sandigen Untergrund, oft auch hinsichtlich der Form an die Pflanzen. Alles das fällt fort, je weiter wir uns von der Küste entfernen. Hier ewiger Wechsel, dort die weite Fläche des Meeres, getragen von den lichtlosen Abgründen, mit gleichem Salzgehalt, gleichen Lichtverhältnissen, gleicher Nahrung. Auch die pelagische Fauna ist größtenteils kosmopolitisch; nur für viele nahe der Oberfläche lebende Tiere existiert eine Grenze nach den Polen hin; wo also alle trennenden Unterschiede fehlen, tritt die Temperatur der gleichmäßigen Ausdehnung hindernd entgegen. Eine solche Schranke stellt die Temperaturlinie von 20° C dar, die ungefähr mit dem 40. Breitengrade zusammenfällt. Die ganze Fähigkeit der Tierwelt, wenn ich so sagen darf, konzentriert

sich auf das Bestreben, in dem flüssigen Elemente zu schweben; Horizontalbewegungen hatten wenig Zweck, wohl aber Vorrichtungen, die ein Steigen oder Fallen möglich machten, und wir werden sehen, daß die Tierwelt auf sehr verschiedene, oft äußerst sinnreiche Weise dieses Ziel zu erreichen gewußt hat.

Die Urnahrung aller Meeresbewohner liefert, wie wir bereits sahen, die Unzahl jener meist mikroskopisch kleinen Pflanzengebilde, die infolge ihrer unendlichen Vermehrung durch einfache Teilung ihrer Zellen oftmals das Meer geradezu färben. Sie geben das Futter für die kleinsten tierischen Lebewesen ab, zunächst für die Milliarden von Foraminiferen und Radiolarien. Beide Ordnungen gehören zu den Planktontieren, und unterscheiden sich, wie wir sahen, vor allem dadurch, daß erstere ein Kalkgehäuse, letztere ein Kieselskelett abscheiden. Je nach der Anzahl der Kammern unterscheidet man die Foraminiferen (Fig. 8) als einkammerige (Monothalamien) mit nur einer meist größeren, manchmal siebartigen Öffnung, und vielkämmerige mit zahlreichen kleinen Poren (Polythalamien), bei denen die Kammern nach bestimmten Gesetzen aneinander gereiht sind und untereinander in Verbindung stehen.

Bewegung, Atmung und Nahrungsaufnahme geschieht durch die aus der Öffnung heraustretenden Schleimfäden, die sog. Pseudopodien. Sie enthalten meist zahlreiche Kerne, die durch Teilung eines einzigen entstanden sind. Die Vermehrung scheint so vor sich zu gehen, daß der ursprünglich einzige Kern in Teilstücke zerfällt, denen der ganze Körper folgt und so eine Anzahl junger einkerniger Tiere liefert. Eine ähnliche Art der Fortpflanzung kennt man auch von den Radiolarien (Fig. 9); gelegentlich folgt aber der Plasmaleib nicht der Kernteilung und es kommt zur Koloniebildung (Collozoum). Zweitens kommt aber noch eine Vermehrung durch Schwärmer vor; der Mutterkern zerfällt in bis zu Hunderte von Tochterkernen, die je einen Teil des Zellleibes um sich häufen und mit ihm eine längliche Zelle bilden. Gemeinsam sprengen sie die Kapsel des Muttertieres und gelangen ins Freie, wo sie sich mit zwei Wimpern eine zeitlang umherbewegen, bevor sie durch Abscheidung von Kieselhüllen zu fertigen Radiolarien auswachsen. Da man bei diesen Schwärmern große und kleine gefunden hat, die an die Mikro- und Makrosporen vieler niederer

Pflanzen erinnern, ist es aber auch möglich, daß dieser Entwicklung eine Art Kopulation vorausgeht.

Auch die pelagisch lebende Noctiluca miliaris (Fig. 29), deren dem äußeren Rande ihres einzelligen Körpers entströmendes sanftes Phosphorlicht das Meerleuchten erzeugt, wollen wir hier erwähnen. Die kleinen, selten die Größe von 1 mm im Durchmesser erreichenden gallertartigen Tiere erscheinen oft in so ungeheuren Mengen an der Meeresoberfläche, daß sie dort eine ein bis zwei Finger dicke Schleimschicht bilden, die bei Tage

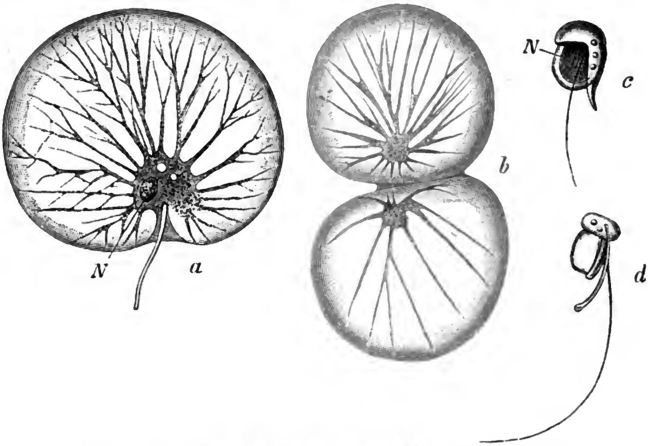


Fig. 29. Noctiluca miliaris.
N = Kern; a = Einzeltier; b = zwei Einzeltiere in Konjugation begriffen; c und d = Schwärmsprößlinge.

das Meer manchmal rötlich färbt, bei Nacht aber ein sanftes Licht ausstrahlt, das bei Erregung des Wassers an Stärke zunimmt. Die Noctiluca bewohnt das Mittelmeer, den Nordatlantischen Ozean und die Nordsee, fehlt aber in der salzärmeren Ostsee.

Den einzelligen Urtieren schließt sich eine große Anzahl zum Teil anfangs auch ein- oder wenigzelliger Larven höherer Tiere an, die die Oberflächenschichten des Meeres oft in enormer Anzahl bevölkern, während ihre Eltern in der Tiefe leben, wohin die Larven nach vollzogener Verwandlung ebenfalls zurückkehren. Die Fortpflanzungsfähigkeit der meisten See-

tiere ist eine ganz außerordentliche; man braucht nur einmal die traubenförmigen Eierstöcke eines Seesternes gesehen haben, um das begreifen zu können. Die Auster erzeugt nach Moebius mehr als eine Million Nachkommen, beim Hering betragen sie etwa 40000. Dazu kommt noch, daß sehr viele Meerestiere keine Periode der Fortpflanzung zeigen, sondern daß man in ihren Eierstöcken jederzeit reife Geschlechtsprodukte findet. Die meisten Tiefseetiere sind lebendig gebärend.

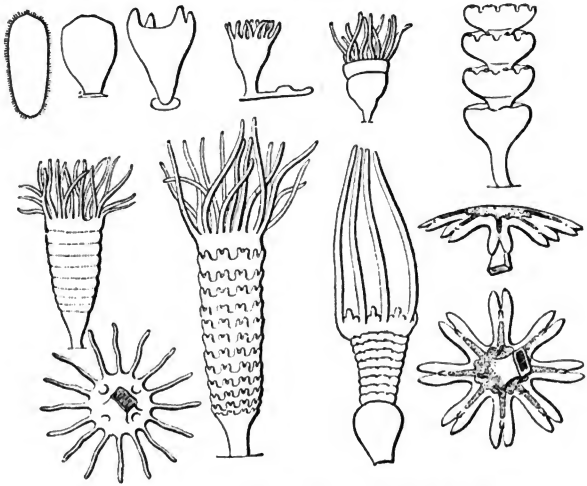


Fig. 30. Entwicklung der Ohrenqualle (Aurelia aurita).

Zu diesen pelagisch lebenden Jugendformen gehören die Wimperlarven der Schwämme, die einfach gebauten Ephyrenlarven der Schirmquallen (Fig. 30), die zum Teil schon weit vorgebildeten, ebenfalls bewimperten Jugendzustände der später festsitzenden Aktinien und anderer Korallentiere, sowie die merkwürdigen Larven der Stachelhäuter (Fig. 31). Während diese Tiere, wie wir wissen, im ausgewachsenen Zustande strahlig gebaut sind, zeigen die Larven die merkwürdige Erscheinung, daß sie in gewissem Alter einen bilateralen Bauplan aufweisen, d. h. ihr Körper hat eine rechte und linke Seite, wie das bei

allen höher organisierten Tieren, von den Würmern an aufwärts, der Fall ist. Auch fehlt ihnen das feste, aus Kalk gebildete Hautskelett, das den meisten ausgebildeten Stachelhäutern eigentümlich ist. Anfangs gleicht die Larve sehr denen anderer niederer Tiere; dann aber erhält sie durch Bildung von allerlei lappigen, am Rande bewimperten Auswüchsen und dünnen,

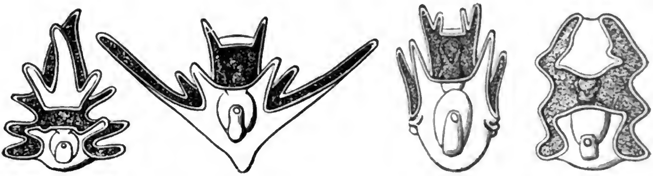


Fig. 31. Larven. A Seestern, B Schlangenstern, C Seeigel, D Seewalze.

oft von feinen Kalkstäben gestützten Armen ein so auffallendes Äußere, daß man diesen Larven besondere Namen gegeben hat (Brachiolarien und Bipennarien bei den Seesternen, Pluteus bei den Seeigeln und Schlangensternen, Auricularien bei den Seewalzen.) Dahin gehören ferner die verschiedenen Wimperlarven der Würmer, der einäugige Nauplius und andere Entwicklungsformen (Fig. 32) der im Meere so überaus zahlreichen Krebse und die bewimperten Larven vieler Muscheltiere. Nach A. Agassiz zeigen auch manche Fische ähnliche Larven, die offenbar für das pelagische Leben eingerichtet sind und erst später sich wieder der Küste oder der Tiefe zuwenden, wo ihre Eltern wohnten.

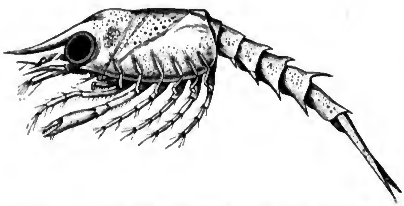


Fig. 32. Larve des Hummers (Homarus vulgaris).

Aber auch eine große Menge ausgebildeter mehrzelliger Tiere hat sich dem pelagischen Leben im freien Wasser angepaßt. Dazu gehören die Juwelen des Meeres, die mannigfach gestalteten, glockenförmigen Quallen (Fig. 33), von mikroskopischer

Kleinheit bis zu 1 m Durchmesser (Chrysaora, Rhizostoma, Aurelia), die lebhaft bunt gefärbten, oft in großen Schwärmen

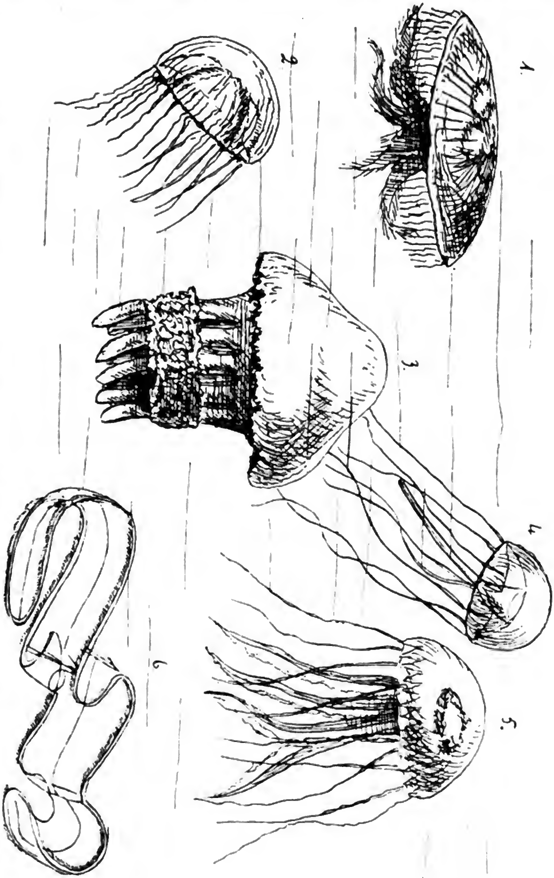


Fig. 33. Pelagische Quallen: 1. Aurelia aurita, 2. Olindias Mülleri, 3. Rhizostoma pulmo, 4. Carmarina hastata, 5. Pelagia noctiluca, 6. Cestus Veneris.

das Meer bedeckenden Pelagien, die schwimmenden, glashellen, vornehmlich den tropischen Meeren angehörenden Schwimm=

polypen oder Siphonophoren (Physalia, Physophora Fig. 34, Velella) und die zarten, eleganten Rippenquallen (Beroe, Pleurobrachia, Cestus Veneris). Zahllos ist das Heer der pelagischen Krebse. Kleine Ruderfüßer (Copepoden), die Hauptnahrung des Herings und seiner Verwandten, darunter die leuchtend irisierende Sapphirina, färben das Meer oft rotgelb; durchsichtige Schalenkrebse (Ostracoden) und garneelenähnliche Spaltfüßer (Schizopoden) treten in großen Scharen auf. Von Mollusken sind zu nennen viele Tintenfische (Cephalopoden), besonders das Papierboot (Argonauta argo), dessen Weibchen eine große, zarte Schale trägt, die wie ein Kahn auf dem Wasser schwimmt, die dem viel kleineren Männchen aber fehlt.

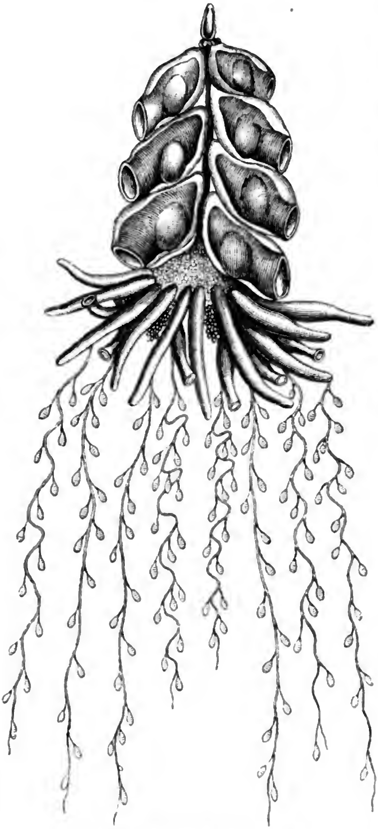


Fig. 34. Physophora hydrostatica.

Nahe der Oberfläche halten sich die Veilchenschnecken (Janthina); meist den wärmeren Meeren angehörig, bilden diese Tiere durch Einhüllen von Luftbläschen in einem von ihrem Fuße abgesonderten Schleim ein allerdings leicht vergängliches Floß, das sie in umgekehrter Lage schwebend erhält, und an dessen Unterseite sie in kleinen Kapseln ihre Eier heften. In den wärmeren Meeren enthalten die heraufgeholten Schließnetze fast immer größere oder

geringere Mengen von eigenartigen Schnecken von gallertartiger Körperbeschaffenheit, Heteropoden und Pteropoden. Erstere, die Kielfüßer (z. B. Carinaria, Atlanta), zeigen einen in eine seitlich zusammengedrückte, senkrechte Flosse umgeänderten Fuß. Die in mancher Hinsicht an die Tintenfische erinnernden Pteropoden sind teils Schalen tragende, teils nackte, augenlose Schnecken mit eigentümlich segelförmig gebildeten Lappen, die den Fuß darstellen (Clio, Creseïs u. a.); sie sind echt pelagische Tiere, die in ungeheuren Schwärmen besonders in wärmeren Meeren sich finden, tagsüber sich in mäßiger Tiefe halten und nur nachts bei ruhigem Wetter an die Oberfläche steigen. Manche von ihnen (Clio, Limacina) sind unter der Bezeichnung Walfischaas bekannt, weil ihre ungeheure Menge die Hauptnahrung der mächtigen Waltiere bildet. Echt pelagische Formen sind endlich die aus leuchtenden Manteltieren (Tunikaten) gebildeten Kolonien der Feuerwalzen (Pyrosoma), deren zapfenartige Hohlkegel mit dem geschlossenen Ende nach vorn eine gewisse Bewegung durch den Rückstoß des aus dem gemeinsamen anderen Ende getriebenen Wassers ausführen können, sowie die Ketten der Salpen und andere Tunicaten. Es ist beobachtet worden, daß derartige Schwärme von Quallen, Salpen, Flügelschnecken u. a. sich sehr oft in der Nähe von Meeresströmungen vorfinden, und vor allem dort, wo solche sich treffen. Vanhöffen erklärt diese Erscheinung so, daß das auf andere Ströme (oder Küsten) stoßende Wasser nach unten auszuweichen gezwungen ist, daß die in ihnen enthaltenen pelagischen Organismen aber dieser Bewegung nicht folgen können.

Von Fischen sind in erster Linie pelagisch lebend die Haie (Squalidae) mit dem Lootsenfisch (Naucrates), die auf ihren Raubzügen weite Meeresgebiete durcheilen, die fliegenden Fische (Dactylopterus, Exocoetus), sowie ihre Verfolger, die farbenprächtigen Goldmakrelen (Coryphaena), und manche andere. Viele Hochseefische pflegen übrigens tagsüber in größeren Tiefen sich aufzuhalten und nur nachts bei gutem Wetter an die Oberfläche zu kommen.

X. Abschnitt.

Anpassungserscheinungen bei den Meerestieren.

Wir hatten schon wiederholt Gelegenheit, darauf hinzuweisen, daß die Tierwelt des Meeres in ihren so vielseitigen Erscheinungsformen eine große Reihe oft sehr auffallender Einrichtungen zeigt, die ihr den Aufenthalt in den verschiedenen teilweise recht ungünstig erscheinenden Verhältnissen erleichtern oder überhaupt erst möglich machen. Die Flachsee mit ihren so rasch wechselnden Lebensbedingungen, die großen lichtlosen, unter enormem Druck stehenden und fast unbewegten Tiefen, die eines jeden Ruhepunktes baren Gebiete der pelagischen Fauna, alle diese Verhältnisse zwangen die Bewohner, sich auf jede und ganz verschiedene Art ihnen anzupassen, Einrichtungen zu treffen, die ihnen das Leben in ihrem beweglichen Element nach Möglichkeit erleichtern sollen.

Wie wir bereits sahen, beherbergt die Flachsee infolge ihrer so wechselnden Scenerie, die oft für nahe benachbarte Stellen ganz andere Lebensbedingungen schafft, eine äußerst artenreiche und formenvolle Lebewelt. Die Litoralzone wird gekennzeichnet durch den Mangel an Ruhe. Überall Bewegung; bald sind es allein die tiefen Atemzüge des Weltmeeres, die regelmäßigen Erscheinungen der Ebbe und Flut, die besonders beim Eindringen in enge Kanäle und flache Buchten und bei Springfluten beträchtliche Niveauunterschiede herbeiführen können, bald die Bewegungen in der Lufthülle, von der leichten Brise bis zum heulenden Sturme, welche die Oberflächenschichten besonders an Steilküsten in Aufruhr bringen.

Auf mannigfaltige Art und Weise hat sich die Tierwelt gegen diese Gewalten zu schützen gewußt. Vielfach sind es feste, durch Kalkeinlagerungen gebildete Panzer, durch die die Tiere zugleich auch vor feindlichen Angriffen gesichert sind, wie

wir das bei zahlreichen höheren Krebstieren, den Stachelhäutern, Muscheln und Schnecken ganz allgemein finden. Wo die Natur diesen Schutz nicht gewährt, haben manche Tiere sich auf eigene Weise zu helfen gewußt. Kleine Krebse (Pontonia, Pinnotheres) verkriechen sich in die Schalen von Muscheln, besonders der Steckmuschel (Pinna) und suchen dort Schutz. Das bekannteste Beispiel bietet aber der Einsiedlerkrebs (Pagurus bernhardus, Fig. 35), der seinen weichen Hinterleib mit den zu Haftorganen umgewandelten Fußstummeln in der leeren



Fig. 35. Einsiedlerkrebs (Pagurus) in der Schale eines Wellhorns (Buccinum) mit zwei Actinien (Sagartia).

Schale des Wellhorns (Buccinum) birgt, aus welcher der gepanzerte Vorderkörper mit den gierig nach Beute ausschauenden Augen hervorragt. Man kennt von diesen Eremiten mehr als hundert Arten, von denen etwa ein Viertel den europäischen Meeren angehören, und die die Schalen verschiedener Schnecken als Wohnung benutzen. Interessant sind uns ferner diese Einsiedlerkrebse, weil gewisse Arten von ihnen sich durch ein auffallendes Freundschaftsverhältnis zu einem ganz anders gearteten Wesen, einer Actinie (Adamsia palliata) auszeichnen, die sich auf der Schneckenschale festsetzt und das Gewicht des mitgeschleppten Wohnhauses sicher beträchtlich vermehrt. Selbst Ein=

siedlerkrebse aus 5400 m Tiefe (Pagurus abyssorum) pflegen dieses Freundschaftsverhältnis. Der Krebs scheint sich ohne seine Freundin nicht recht wohl zu fühlen, denn es ist beobachtet worden, daß er möglichst schnell für Ersatz sorgt, sobald ihm auf irgend eine Weise sein Begleiter abhanden gekommen ist. Als eine Schutzvorrichtung und im weiteren Sinne als eine Anpassung an das Leben in der beweglichen Küstensee mag auch die Fähigkeit gelten, durch den Wellenschlag oder im Kampf ums Dasein verloren gegangene Teile des Körpers wieder zu ersetzen, zu regenerieren. Von den die Scheren abwerfenden Krabben haben wir vorhin bereits gesprochen. Diese Regenerationsfähigkeit besitzen besonders die Stachelhäuter in hohem Grade, und von manchen Seesternen (z. B. Asteracanthion tenuispinum) findet man so selten vollkommene, mit lauter normalen Armen versehene Tiere, daß man eher von einer absichtlichen Abwerfung zum Zwecke einer ungeschlechtlichen Vermehrung sprechen möchte als lediglich von einem Ersatz verloren gegangener Körperteile. Bei manchen Asteroiden (Ophiactis, Linckia) findet in der That eine auf diesem Wege vor sich gehende ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Teilung statt. Ein höchst eigentümliches Schreck- und Schutzmittel besitzen manche Seewalzen (Holothuria), die, sobald sie sich verfolgt glauben, ihren Gegnern ihre sämtlichen Eingeweide ausspeien und vor die Füße legen.

Die im Bereich der Grenzen zwischen Ebbe und Flut wohnenden Tiere haben Einrichtungen, die sie vor dem Austrocknen bewahren; die Muscheln und andere Schalentiere klappen ihre Wohnung fest zu; durch Bildung von Deckeln, durch die Möglichkeit sich einzustülpen schützen sich manche andere, während die Kugelassel (Sphaeroma) ihren Körper wie ein Igel einzurollen vermag.

Viele Bewohner der Flachsee haben die Fähigkeit sich festzuheften. Das wird besonders den Tieren nötig sein, die in lebhaft bewegtem Wasser der Gewalt der brandenden Welle ausgesetzt sind. Bei den Schnecken geschieht diese Befestigung mittels des als Saugnapf fungierenden Fußes, bei den Seeanemonen (Fig. 35) durch die fleischige untere Haftscheibe, und die Austern scheiden durch ihre poröse Kalkschale hindurch einen Klebstoff aus, mit dem sie sich an die Unterlage anleimen und so zu Tausenden neben- und aufeinander angeheftet sind. Andere Muscheln entbehren

solcher Haftmittel; dafür haben viele aber besonders in der Jugend eine andere Einrichtung, sie können sich durch feine Spinnfäden fest vor Anker legen. Diese werden durch die im Fuße liegende Byssusdrüse geliefert, aus der ein im Wasser erhärtendes Sekret heraustritt. Das bekannteste Beispiel ist hierfür unsere eßbare Miesmuschel (Mytilus edulis), von der man manchmal kopfgroße Klumpen von Steinen oder Holzpfählen ablösen kann.

Wo solche natürliche Befestigungsmittel im Kampf gegen Strömung und Wellenschlag fehlen, vergraben sich die Tiere in den Schlamm und Sand; das gilt ebenso für viele Muscheln, die nur ihre langen Atem- und Auswurfröhren heraus strecken, wie für viele schnellfüßige Krabben und manche Fische. Wo felsiges Gestein ansteht, wo der Boden mit dem Gerölle der Brandungswelle bedeckt ist, wird dieses angebohrt. Derartige bohrende Tiere sind aus zahlreichen Ordnungen des Tierreiches bekannt, ohne daß man immer wüßte, auf welche Weise sie die Löcher herstellen. Ein kleiner Schwamm (Vioa) gräbt sich in den Kalk der Korallen und Muscheln ein, gewisse Seeigel (Strongylocentrotus) bohren durch fortwährendes Umdrehen ihres stachelbewehrten Leibes tiefe Löcher in die Felsen, unter den Krebstieren ist eine Asselart (Limnoria) zu erwähnen, unter den Mollusken die ihre Schale als Feile benutzenden Pholas-Arten, die Meerdattel (Lithodomus) und der Feind der Schiffe und Hafenbauten, der Schiffsbohrwurm (Teredo navalis). Von diesen in selbstgewählten Gefängnissen lebenden Tieren bis zu den dauernd oder doch während des größten Teils ihres Lebens festsitzenden ist nur ein Schritt. Dabei fällt uns auf, daß bei letzteren die Bewegungsorgane zurück gebildet werden; an ihre Stelle treten lange, oft kreisförmig gestellte Fangarme (Bryozoen, Serpula, Lepas, Fig. 36, Balanus) zur Aufnahme der Nahrung und Erneuerung des Atemwassers, oder Wimperbewegung (Schwämme). Ganz allgemein findet man aber bei den festsitzenden Tieren, daß ihre Larven für kürzere oder längere Zeit frei im Wasser sich umhertummeln

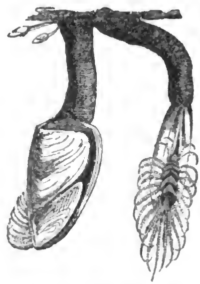


Fig. 36 Entenmuschel (Lepas anatifera).

und erst später die Lebensweise ihrer Eltern annehmen, und wir haben schon früher Gelegenheit gehabt, auf die Wichtigkeit dieser Einrichtung hinzuweisen.

Im engen Zusammenhang mit der festsitzenden Lebensweise steht die Stock- oder Koloniebildung, die wir ja bei zahlreichen niederen Tieren (Korallen, Moostieren, Ascidien u. a.) finden; so wird dem ganzen, aus zahlreichen zarten Geschöpfen aufgebauten Stamme erst der feste Halt, den das Einzeltier allein sich nicht würde verschaffen können.

Auch die Anpassung in der Farbe spielt bei der Küstenfauna eine Rolle; die zahlreichen dichten Wälder der Laminarien und Fucoiden, die verschiedene Färbung des Strandes oder der Korallenbänke lassen die Vorteile einer Schutzfarbe leicht einsehen. Ganz allgemein sind bekanntlich die Fische auf der Unterseite hell glänzend, auf dem Rücken dagegen dunkel gefärbt; so sind sie vor Entdeckung durch einen über oder unter ihnen befindlichen Feind nach Möglichkeit geschützt. Tiefseefische zeigen diese Unterschiede nicht. Besonders auffallend ist die Fähigkeit, sich der Farbe ihrer Umgebung anzupassen, bei manchen Plattfischen, so bei unseren Schollen (Pleuronectae), die ihre komisch verdrehten Augen gierig aus dem Sande heraus heben, in dem ihr übriger Körper zum Teil vergraben ist. Die Augenseite ist dunkel gefärbt, die andere heller; die erstere vermag sich der jeweiligen Farbe des Untergrundes so sehr anzupassen, daß es oft schwer hält, die Tiere zu erkennen. Erst bei näherem Zusehen entdeckt man ferner die kleinen Seepferdchen (Hippocampus), die zwischen den Tangbüscheln mit Hilfe ihres Wickelschwanzes klettern, die schlanken See- und Schlangennadeln, von denen ein australischer Vetter, der Algenfisch (Phylloptheryx eques) durch Bildung von dornigen und lappigen Anhängen und durch seine Färbung den Seepflanzen seiner Umgebung zum Täuschen gleicht. Ähnliches gilt von dem bereits früher erwähnten Antennarius, der zwischen den Sargassobündeln mit Hilfe seiner fingerartigen Fortsätze klettert, sowie von manchen Fischen der Korallensee, während gewisse Seeigel (Toxopneustes, Strongylocentrotus), sich dadurch den Blicken ihrer Gegner zu entziehen versuchen, daß sie mit Hilfe ihrer zahlreichen Saugfüßchen Muschelschalen, Steinchen und dergleichen auf ihren Körper bringen und dort festhalten.

Eine derartige Anpassung durch Maskierung ist weit ver-

breitet bei den Muscheln oder Schnecken, deren Schalen oft mit allerlei tierischen oder pflanzlichen Organismen bedeckt und bewachsen sind und so einen ganz anderen Eindruck geben als die Exemplare unserer Sammlungen. Was bei diesen Tieren wohl mehr ein Werk des Zufalls ist, ist bei manchen Krabben zum Bedürfnis geworden; so sieht man die Wollkrabbe (Dromia) immer in Gemeinschaft mit dem Korkschwamm (Suberites domuncula), und es ist bei ihnen und skandinavischen Dreieckkrabben beobachtet worden, daß die Tiere sich offenbar ohne ihren tierischen und pflanzlichen Schutz ganz unglücklich fühlen und mit Hilfe ihrer vorderen, Scheren tragenden Beine möglichst rasch für eine neue Bedeckung ihres Körpers sorgen, falls man ihnen die alte genommen hat.

Wenden wir uns jetzt den Tieren der Tiefsee zu, so finden wir dort ganz andere Lebensbedingungen, je mehr wir uns den größeren Tiefen nähern. Schon nach kurzer Zeit umgiebt uns finstere Nacht, die Temperatur nimmt erst schnell, dann langsam ab, um schließlich überall ziemlich konstant zu bleiben, und an Stelle der Beweglichkeit des Wassers, die die vielen Anpassungserscheinungen bei den Flachseebewohnern erzeugte, umgiebt uns hier starre Ruhe. Letztere hat bei den strahlig gebauten Tieren, vor allem bei den Schwämmen, viel vollere, rundere Formen erzeugt; an Stelle der gemeinsamen, Schutz gewährenden Kolonien sehen wir hier öfters Einzelformen. Die Tiefseebewohner leben wie Bäume in einem geschützten Thal; alle Stürme des Meeres ziehen hoch über ihren Häuptern dahin, und nur langsam wälzen sich die kalten Polarwasser dem Äquator zu. Alle Differenzen gleichen sich dort bis auf geringe Abweichungen aus; die Verhältnisse der Tiefseeschichten im Atlantischen Weltmeer sind fast dieselben wie im Großen Ozean und in anderen offenen Meeren, und wenn wir dazu bedenken, daß im Meere wirklich unüberschreitbare Grenzen wohl nicht vorhanden sind, so ist es nicht zu verwundern, daß die Mehrzahl aller Tiefseetiere Kosmopoliten sind, daß die Tiefseeefaunen räumlich weit getrennter Gebiete sich in keiner besonderen Eigenschaft voneinander unterscheiden. Das haben die Forschungsreisen des „Travailleur", des „Challenger" und zuletzt die der „Deutschen Tiefsee-Expedition" wieder bewiesen. Freilich sind uns diese Verhältnisse bei weitem noch nicht vollständig bekannt; aber von vielen Tiefseebewohnern

wissen wir, daß sie sich ebenso finden unter den Breiten der tropischen Gebiete wie unter der eisstarrenden Fläche der Polarmeere.

Von jeher hatte man als Hauptgrund für die Behauptung, daß die größeren Tiefen des Meeres ohne organisches Leben sein müßten, den kolossalen Druck angeführt, der dort herrscht. Er mag in den größten rund 900 Atmosphären betragen. Aber gerade so, wie sich die Tiere hoher Gebirgsregionen an den verminderten Druck angepaßt haben, befinden sich auch die Tiefseetiere unter diesem so außerordentlich verstärkten Druck ganz wohl, da dem auf sie einwirkenden centripetalen ein ebenso großer centrifugaler Druck in ihren Geweben gegenüber steht. Außerdem ist es wahrscheinlich, daß viele Tiefseetiere ganz bedeutende vertikale Unterschiede ohne Schaden ertragen können. Auch bei einigen Landtieren ist das ja der Fall; der Kondor kann sich aus 7000 m Höhe in wenigen Minuten zur Erde herablassen, eine Reise, die anderen nicht an solche Luftdruckveränderungen gewöhnten Wesen wohl sicheren Tod bringen würde. Von harpunierten Walen wird erzählt, daß sie oft ganz bedeutende Tiefen aufsuchen. Von dem riesigen Druck, den die Tiere beim Hinabsteigen aushalten müssen, zeugt, daß der hölzerne Schaft der Harpune nach Aussagen der Walfischjäger oft so zusammen gepreßt an die Oberfläche kommt, daß er nicht mehr auf dem Wasser schwimmt. Der französische Physiker Cailletet hat mit seinem Verdichtungsapparat für Gase, in denen er den ungeheuren Druck von 1000 Atmosphären hervorbringen konnte, auch Versuche mit Meerestieren angestellt, und es hat sich gezeigt, daß die Tiere gegen wachsenden Druck nicht so empfindlich sind, als man anzunehmen geneigt war. Es scheint demnach, daß es weniger der allerdings gewaltige Druckunterschied ist, der bewirkt, daß die allermeisten vom Netz heraufgeholten Tiefseetiere tot an die Oberfläche kommen, sondern vielmehr die Temperaturveränderung. Walther sagt darüber in Bezug auf die Beobachtungen der Fürsten von Monaco: „Während die im Atlantik aus einer Tiefe von 1400 m und einer Temperatur von 3° heraufgebrachten Tiefseetiere nur noch einen Schimmer von Leben zeigten und die Bewohner größerer Tiefen ausnahmslos tot an die Oberfläche kamen, gelangten im Mittelmeer aus einer Tiefe von 1650 m bei 13° C die meisten Tiefseetiere in voller Lebenskraft in die Hände des Beobachters. Ja, ein Krebs, Acanthephyra pulchra, lebte mehrere Tage

ganz wohlbehalten weiter. Zugleich fand man mehrere identische Fischarten im Mittelmeer sowohl in 50 wie in 1650 m Tiefe. Diese Thatsche lehrt, daß die Druckverminderung lange nicht so schwere Folgen in physiologischer Beziehung nach sich zieht, wie der rasche Wechsel sehr verschiedener Temperatur." Jedenfalls ist die Fähigkeit, sich einem geänderten Wasserdruck anzupassen, bei den einzelnen Lebewesen der Tiefsee sehr verschieden stark ausgebildet.

Bei vielen Tiefseefischen, die die Fähigkeit nicht haben, breitere Tiefenzonen zu durchmessen, zeigen die Knochen sich sehr arm an Kalk; sie sind weich und faserig und zerfallen beim Heraufholen. Zugleich zerreißt der im Körper gleich gebliebene Druck die Gewebe, die Augen und Eingeweide quellen heraus und die Schuppen lockern sich; die Tiere sterben an der „Trommelsucht", wie die Seeleute sagen, sie gehen an derselben Krankheit zu Grunde, die den allzu hoch gestiegenen Luftschiffern so oft das Leben kostet, verursacht durch den sehr verminderten Druck.

Mit Recht hoffte man, daß die Tiefseefischerei auch einen Aufschluß geben würde über das Vorhandensein von allerlei Meeresungeheuern, von denen so manche Fabeln umgehen und mit deren Schilderungen die Seeleute so oft ihren lauschenden Zuhörern das Gruseln beibringen wollen. Diese Hoffnung ist nicht in Erfüllung gegangen, selbst über die viel befabelte Seeschlange wissen wir heute noch nichts Genaues. Allerdings setzen uns die Größenverhältnisse mancher Tiefseebewohner im Vergleich zu ihren in sonnigeren Gegenden lebenden Verwandten zuweilen in Erstaunen. Die Tubularien, meist kleine, nur wenige Centimeter hohe Polypen, haben in ca. 5000 m Tiefe einen Vertreter (Monocaulus imperator), der die kolossale Länge von mehr als 2 m hat. Die 23 cm lange Riesenassel (Bathynomus) aus 1700 m Tiefe und die großen Krabbenspinnen (Colossendeis) mit ihren 70 cm klafternden Beinen haben wir bereits erwähnt. Auch unter den höheren Krebsen giebt es solche Riesen; ein solcher ist die Gnathophausia goliath (2270 m) unter den Schizopoden, der seinen Beinamen mit Recht trägt, denn er erreicht die beträchtliche Länge von 25 cm.

Eine Folge der Kalkarmut der Tiefseeschichten ist es, daß die verhältnismäßig in geringer Anzahl dort anzutreffenden

Schalen der Weichtiere immer dünner werden, in je tiefere Schichten wir hinabsteigen. Auch die Kalkskelette der Korallen werden immer feiner, und die Krebse erhalten dort einen dünnen, durchsichtigen Panzer.

Dabei fehlt es anderseits auch wieder nicht an Schutz- und Trutzorganen bei den Tiefseetieren. Geradezu gefährlich muß den Meeresbewohnern die stachelbewehrte Krabbe Lithodes ferox erscheinen. Da ihr mächtige Waffen in Gestalt von Scheren fehlen, hat die Natur diesem Geschöpfe wie unserem Igel ein spitziges Stachelkleid gegeben, und so zieht es, ein gepanzerter Ritter des Meeres, auf Raub aus. Denn auf dem Meeresgrunde gilt der Kampf ums Dasein wohl mehr als irgend wo anders; alle Tiere sind Fleischfresser, die sich entweder im weichen Schlamm verkriechen und dort auf Raub lauern (Melanocetus), oder wie lebende Tiefseereusen mit weit geöffnetem, zähnestarrendem Maule die dunklen Tiefen durchziehen (Eustomias, Stomias, Malacosteus, Saccopharynx, Fig. 37) und teilweise für diese Räuberfahrten, wie wir sehen werden, noch mit ganz besonderen Mitteln ausgerüstet sind.

Besonders muß uns hier die Frage interessieren: wie stellen sich denn die Meeresbewohner zu den Lichtverhältnissen der Tiefsee? Versuche hatten, wie wir gesehen haben, gezeigt, daß die Lichtstrahlen schon in sehr geringer Tiefe für unsere Augen völlig erlöschen, und daß von rund 500 m Tiefe an für immer schwarze Nacht sein muß. Und doch finden wir in viel bedeutenderen Tiefen noch hoch entwickelte Tiere, ja sogar solche mit außerordentlich großen Augen, allerdings auch — wenn auch nur verhältnismäßig wenig — blinde Formen. Diese mächtig entwickelten Sehwerkzeuge weisen ja gewissermaßen darauf hin, daß doch noch Lichtstrahlen in diesen Tiefen vorhanden sein müssen, und es ist ja wohl denkbar, daß es Wesen dort giebt, deren Sehorgane noch empfindlicher sind, als unsere lichtscheuen photographischen Platten. Aber die dunklen Abgründe haben einen gewissen Ersatz für das ihnen entzogene Sonnenlicht darin, daß ihre Bewohner teilweise ihr eigenes Licht mit sich führen, ein Licht, das zwar nicht allzu hell sein wird, das aber doch imstande sein dürfte, der Umgebung einen grünlich leuchtenden Dämmerungsschein mitzuteilen, besonders da die leuchtenden Tiere oft zu Milliarden vereint sind, wenn sie ihre Lichtstrahlen aussenden. Mit Begeisterung

erzählt Milne Edwards von dem Schauspiel, das das bei Nacht heraufgeholte Schleppnetz an Bord des „Travailleur“ bot. „Das Netz war voll von Tiefseekorallen, die wunderbare Lichteffekte abgaben. Schlag auf Schlag züngelten grünliche Strahlen auf, um sofort wieder zu erlöschen und gleich darauf neu zu erglänzen. Das Licht lief förmlich an den Ästen der Korallen auf und ab, und zwar mit solcher Schnelligkeit und solchem Glanze, daß man bei dieser magischen Beleuchtung ganz bequem lesen konnte.“

Tiere, die ein derartiges Leuchtvermögen besitzen, sind, wie die Netzzüge der Tiefseeexpedition gezeigt haben, verbreiteter als man früher annehmen konnte; sie kommen überall im Meere vor, nicht nur in den Tropen, sondern auch in den Polarmeeren, an der Oberfläche und ebenso in den größten Tiefen. Es giebt keine der großen Tierklassen, die nicht bei dieser magischen Illumination ihre Vertreter stellte. Am bekanntesten ist die Noctiluca miliaris, ein kleines zu den Urtieren gehöriges Wesen von pfirsichähnlicher Gestalt, das mit der Lupe sichtbar ist; dort, wo der Stiel des Pfirsichs sich befinden würde, trägt es einen kleinen quergegliederten Fortsatz. Die Noctiluca gehört, wie wir sahen, zu der Planktonfauna; sie tritt oft in solchen Mengen an die Oberfläche, daß die Tierchen dort eine schleimige Masse bilden, die das Schiff wie in einer feurigen Masse schwimmend erscheinen läßt. Die Hohltiere sind mit einigen Polypen, Korallen, Aktinien und Rippenquallen vertreten; die Stachelhäuter mit der prachtvoll leuchtenden Brisinga, einem Schlangenstern; seinen Namen verdankt er dem schwedischen Dichter und Naturforscher Asbjörnson, der ihn so nannte nach dem leuchtenden Schmucke der Göttin Freya, den der diebische Loki in den unendlichen Abgründen des Meeres verbarg. Von den Ringelwürmern sind einige Arten der Familien Nereis, Syllis und Polynoe, sowie die Tomopteriden zu erwähnen; eigentümliche augenartige Flecke auf den ruderartigen Flossen dieser Würmer sind als Leuchtorgane erkannt worden. Auch von den Gliedertieren sind leuchtende Krebse bekannt, wie die großäugigen Euphausiden, die am Hinterleibe zwei in tiefem Blau leuchtende Laternen besitzen, und von den Manteltieren gehören die Salpen und Feuerwalzen zu den wohl am meisten lichtspendenden Formen. Ebenso giebt es eine ganze Anzahl Tiefseefische, die eigen-

tümliche Leuchtorgane tragen und uns deshalb besonders interessant sind, weil der Bau dieser seltsamen Werkzeuge uns durch neue Untersuchungen etwas näher bekannt ist.

Die zu den niederen Tieren gehörigen Leuchtwesen strahlen das Licht aus ihrem ganzen Körper oder Teilen desselben aus, ohne daß über besondere Leuchtorgane, außer vielleicht bei einigen Ringelwürmern und Tiefseekrebsen, etwas Näheres bekannt wäre. Woher kommt aber dieses Licht? Sein grünlich schimmernder Glanz, den wir ja von unseren Johanniskäferchen kennen, erinnert an das Leuchten des Phosphors, hervorgebracht durch dessen Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft. Und so nimmt man auch an, daß das Leuchten der Meerestiere durch eine lebhafte Oxydation, durch eine infolge der energischen Lebensthätigkeit hervorgerufene Verbrennung der im Körper der Tiere aufgespeicherten Reservestoffe, wie Fett und dergl., zustande gebracht wird. Man kann das aus der Thatsache schließen, daß bei einigen leuchtenden Bakterien die Leuchtkraft nachweislich aufhört, sobald man ihrer Umgebung den Sauerstoff entzieht. Von den Fischen kennen wir eine ganze Anzahl leuchtender Arten; so trägt der Malacosteus niger Fig. 37) zwei Leuchtflecken jederseits des Kopfes; das eine strahlt in goldgelbem, der andere in grünlichem Lichte Mit diesen Laternen ausgerüstet, erscheint er wie das abenteuerliche Unterseeschiff des phantasiereichen Jules Verne. Ein anderer bemerkenswerter Leuchtfisch ist Stomias boa (Fig. 37), ein Tiefseeräuber von langgestreckter Gestalt; auf der Unterseite von Kopf, Rumpf und Schwanz befinden sich Reihen von phosphoreszierenden Punkten. Es giebt noch eine ganze Anzahl von Tiefseefischen, die derartige Leuchtorgane tragen; teils sind letztere in der Nähe der sogenannten Seitenlinie der Fische befindlich und deshalb auch mit den in dieser aufgefundenen eigentümlichen Organen in Zusammenhang gebracht worden, teils finden sie sich als perlmutterglänzende, augenähnliche Flecke oder als Tüpfel, Trichter und Höcker an den Seiten, auf und unter dem Kopfe, auf den Kiemendeckeln und am Maule der Fische. Schon v. Lendenfeld, der diese merkwürdigen Organe näher untersucht hat, konnte zwei Hauptarten unterscheiden: drüsenähnliche, von unregelmäßiger Form und rundliche, mehr augenähnliche. Beide können an demselben Tiere auftreten. Nach den neueren Untersuchungen zweier

italienischer Zoologen, Chiarini und Gotti, werden die drüsenartigen Leuchtwerkzeuge von flaschenförmigen Organen gebildet, deren Hals an der Oberfläche mündet; sie kommen bei den Sternophyxarten und bei den Scopheliden vor. Unlängst sind ähnliche Leuchtorgane auch beim Stachelhai gefunden worden; sie befinden sich dort auf der Rücken- und Bauchseite des Tieres, und es ist festgestellt worden, daß sie in einem dunklen Raum drei bis vier Meter weit sichtbar waren. Ganz anders gebaut sind die leuchtenden Perlen an der Seite der Fische,

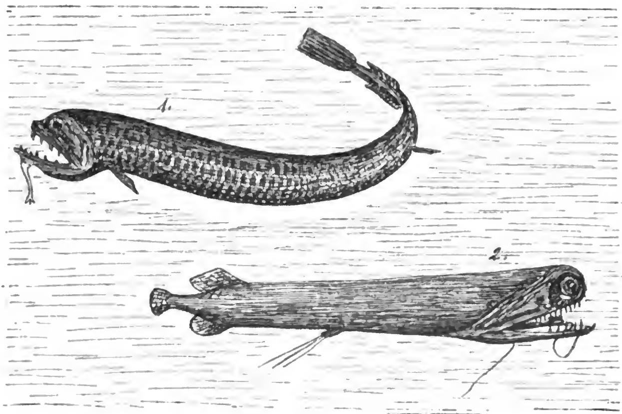


Fig. 37. Leuchtfische aus der Tiefsee: 1. Stomias boa, 2. Malacosteus niger.

die Flecken am Schwanze und die größeren Laternen am Kopfe; es sind napfförmige Organe, die mit einem durch eine linsenartige Schuppe gebildeten Deckel versehen sind. Ihre innere Struktur, auf die wir hier nicht näher eingehen wollen, zeigt eine so große Ähnlichkeit mit dem Bau der elektrischen Organe des Zitteraals und anderer elektrischer Fische, daß die beiden Forscher annehmen, daß wir es hier mit ganz homologen Bildungen zu thun haben. Marshall macht darauf aufmerksam, daß die Fähigkeit, elektrische Ströme zu erzeugen, bei den Fischen öfters sich finden dürfte als bis jetzt bekannt wäre. Er erzählt, daß nach dem Bericht von Agassiz ein der Familie der

Schellfische und Dorsche angehöriger Tiefseefisch dem Kommandanten Bartlett, der ihn anfaßte, einen heftigen elektrischen Schlag versetzt habe. Wir dürfen wohl annehmen, daß sich bei den mit solchen Organen ausgestatteten Fischen die durch einen lebhaften Stoffwechsel erzeugte elektrische Kraft in Licht umsetzt, und daß dem Entstehen des Stromes eine Oxydation, eine langsame Verbrennung von Stoffwechselprodukten zu Grunde liegt; bekanntlich führt man ja auch die elektrische Kraft des Zitteraales auf einen Oxydationsprozeß infolge des Stoffwechsels zurück. Auch bei den ein Sekret absondernden drüsenförmigen Leuchtorganen wird das Leuchten auf derselben Ursache beruhen.

Außerdem kennen wir aber auch Fische, die einen leuchtenden Schleim absondern, ohne daß bei ihnen besondere Leuchtorgane bekannt und gefunden wären, und es ist die Vermutung Marshalls wohl nicht direkt von der Hand zu weisen, daß das Leuchten dieses Schleimes möglicher Weise durch Bakterien hervorgerufen wird, die auf der Haut des Fisches leben und den Sauerstoff des Wassers energisch verarbeiten. Gerade auf Fischen hält sich der bekannte Bacillus phosphorescens gern auf, und ähnliche leuchtende Bakterien hat Fischer in der Kieler Bucht und in den westindischen Gewässern gefunden. Wenn wir zudem erfahren, daß diese niedrigsten Lebewesen auch in größen Tiefen vorkommen, da die Valdivia-Expedition in dem Meereswasser aus 1750 m Tiefe das Vorhandensein einer größeren Anzahl Bakterien feststellte, erscheint diese Vermutung durchaus nicht so aus der Luft gegriffen.

Wie verhalten sich nun die nicht mit solchen Lichtquellen ausgerüsteten Tiefseetiere zu dieser künstlichen Beleuchtung? Fliehen sie dieses Licht oder zieht es sie an? Und welchen Nutzen gewährt den Besitzern dieses Leuchtvermögen? Den räuberischen Tiefseefischen dient es offenbar als Lockmittel für ihre Beute. Viele Meerestiere werden durch das Licht angezogen, wie die Mücken und Motten in der Sommernacht von der brennenden Lampe. Sie werden gewissermaßen von dem blendenden Lichtschein hypnotisiert und rennen in ihr Verderben. An der englischen Küste hat man den Versuch gemacht, die Fische mit Hilfe von Scheinwerfern in das Netz zu locken, ein Versuch, der zwar glänzend gelungen ist, aber bald den Fischreichtum unserer Meere zerstören würde; und die elektrisch

beleuchtete Tiefseereuse des Fürsten von Monaco beruht ebenfalls auf der Anziehungskraft, die das Licht auf die Meerestiere ausübt. Den Tiefseefischen dienen ihre Laternen also offenbar als Mittel zur Füllung ihres unersättlichen Magens, und bei manchen anderen, wie bei den Korallen, dient das Licht demselben Zweck. Merkwürdig ist, daß ein vollkommen blinder Tiefseefisch (Inops) auch Leuchtorgane führt; es scheint das auch darauf hinzudeuten, daß diese den Besitzern weniger zum Erkennen der Umgebung dienen als zu dem eben angedeuteten Zweck. Manche Leuchtfische verlassen sich so sehr auf ihre Laternen als Fangmittel, daß sie sich im Schlamm vergraben und allerlei leuchtende Anhängsel und Fäden herausstrecken und hin und her bewegen.

Aber wie ist's mit den Tieren, die offenbar nicht auf das Anlocken von Beutetieren angewiesen sind, wie z. B die oben erwähnte Brisinga, die mit ihrer Mundöffnung im Schlamme wühlt? Man könnte annehmen, daß bei ihnen die Leuchtorgane als Schreckmittel dienen und nachstellende Feinde in die Flucht schlagen sollen. Es ist auch wahrscheinlich, daß viele dieser Leuchttiere imstande sind, je nach Belieben ihr Licht leuchten zu lassen oder nicht; zumal bei den höher organisierten ist ein Zusammenhang der Leuchtorgane mit dem Nervensystem sicher nachgewiesen. Bei wieder anderen ist es möglich, daß die Lichterscheinung nur dann auftritt, wenn der Fortpflanzungstrieb sich regt, und daß sie daher zur Anlockung der Geschlechter dient. Wir sehen, daß hier der biologischen und physiologischen Forschung noch ein weites Arbeitsfeld offen steht.

Im Anschluß an die Leuchtorgane wollen wir hier kurz der Augen der Meeresbewohner Erwähnung thun. Wir finden hier höchst überraschende Thatsachen, die zum großen Teile auch noch weiterer Aufklärung harren. Bei den niedrigsten Tieren, den einzelligen Protozoen, fehlen meistens die Augen oder es sind bei ihnen einfache Pigmentflecken vorhanden, mit denen die Tiere möglicherweise einen gewissen Grad von Helligkeit wahrnehmen können. Von den festsitzenden Hohltieren (Polypen, Korallen ꝛc.) sind fast alle blind, was ja auch leicht zu erklären ist; erst bei den im ausgebildeten Zustand frei schwimmenden Medusen sind am Schirmrande einfache Augen bekannt. Daß aber die festsitzenden Formen auch auf Lichtreize reagieren, ist genügend nachgewiesen und von Loeb durch Versuche mit

Eudendrium festgestellt worden. Je höher wir in der Entwicklungsreihe der Tiere steigen, desto mehr vervollkommnen sich auch die Sehorgane; einige Ringelwürmer (Alciope) zeigen schon sehr gut entwickelte Augen; bei den Weichtieren finden wir bei manchen Muscheln einfach gebaute Sehorgane am Mantelrande, während die am höchsten stehenden Tintenfische schon Augen besitzen, die in ihrem Bau denen der Wirbeltiere ähneln. Am auffallendsten ist aber die Entwicklung dieser Sinnesorgane bei den Krebsen und Fischen der Tiefsee. Bei beiden finden wir abnorm vergrößerte neben verkümmerten Augen und vollständiger Blindheit. Von den verschiedenen Arten von Asseln, die die Netze des „Challenger" aus verschiedenen Tiefen herausholten, waren 34 vollständig blind, vier hatten ganz verkümmerte und 18 gut entwickelte Augen, so z. B. die Riesenassel (Bathynomus giganteus) aus 1700 m Tiefe.

Auch bei einigen Spaltfüßern sind die Sehorgane mehr oder weniger verkümmert (Bentheuphasia, Eucope, Amblyops u. a.). Sogar bei den am höchsten stehenden Krebsen, den Zehnfüßern, kommen blinde Arten vor; bei Polycheles fehlt jede Spur eines Auges, bei Astacus zaleuca, einer unserem Flußkrebs verwandten Form, befindet sich anstatt der Augen eine leere Stelle, wo jene wohl gesessen haben könnten. Auch die Sehorgane der Tiefsee-Galatheen sind fast immer pigmentlos und daher unbrauchbar, und Marshall teilt mit, daß manchmal der Augenstiel zu einem Dorn verwandelt ist, auf dessen Spitze sich noch die Hornhaut erkennen läßt. Das ist insofern sehr interessant, als Herbst durch Versuche an Garneelen bewiesen hat, wie leicht die Augen der Krebstiere verschwinden und anderen Bildungen Platz machen. Er hat den Tieren eines ihrer gestielten Augen fortgenommen, und, siehe da, an Stelle der amputierten Sehwerkzeuge entstand eine gegliederte Geißel, die mit den gewöhnlichen Antennen eine große Ähnlichkeit hatte. Ein anderes Beispiel liefert eine Krabbe (Ethusa granulata); diejenigen Tiere, die in flachem Wasser leben, haben noch gut entwickelte Augen, aber je tiefer die Tiere ins Meer hinabgestiegen sind, desto mehr verkümmern ihre Sehorgane, und bei den in 900 bis 1260 m Tiefe lebenden sind die Augenstiele zu einem Stirnstachel verschmolzen. Interessant ist auch die von Chun beobachtete Thatsache, daß bei Spaltfüßen die mehr nach der Tiefe zu wohnenden Arten das Bestreben zeigen, ihr Auge in

zwei Abschnitte zu trennen, in einen Stirnteil und einen seitlichen Teil. Ebenso auffallend sind die Verhältnisse bei den Tiefseefischen. Auch bei ihnen finden wir Arten mit sehr großen und gut entwickelten Augen neben solchen mit verkümmerten Sehwerkzeugen (Inops, Typhlonus). Ein ebenfalls blinder Fisch (Amphyonus mollis) ist nach Agassiz einem augenlosen Schlangenfisch aus den Höhlen Kubas (Lucifuga) nahe verwandt.

Das führt uns zu einer anderen Frage, zur Frage nach der Erklärung dieser auffallenden Unterschiede in der Ausbildung der Augen bei Tieren, die oft einander nahe verwandt sind und oft auch in annähernd gleichen Tiefen gefunden wurden. Daß die Sehwerkzeuge dieser Tiere sich vergrößern und vervollkommnen, damit in den Meeresgründen von der geringen dort vorhandenen Lichtmenge möglichst viel aufgenommen werden könne, vermögen wir allenfalls zu verstehen; auch umgekehrt wissen wir, daß Tiere, die in dunklen Höhlen leben, allmählich ihre Augen zurückbilden, da sie ihrer zum Sehen nicht mehr bedürfen. Man sollte also annehmen, daß wir bei den Meerestieren, je tiefer wir die Netze versenken, entweder eine Vervollkommnung oder eine zunehmende Zurückbildung der Augen finden müßten Das ist aber durchaus nicht der Fall, wie wir sahen. Zweifellos hat das abnehmende Licht auf diese Organe in der eben beschriebenen Weise eingewirkt; die Ureltern haben sich eben den veränderten Lichtverhältnissen im Laufe der Jahrtausende nach Möglichkeit angepaßt. Die Unterschiede in der Richtung der Anpassung erklären sich vielleicht zum Teil daraus, daß dem einen Wesen die Augen unumgänglich nötig waren zur Erlegung seiner flüchtigen Beutetiere, während dem anderen Tiere andere Jagdmittel zu Gebote standen in Gestalt von Fangfäden, mächtigen Scheren &c. Aber das erklärt immer noch nicht das gleichzeitige Vorkommen nahe verwandter blinder und gut sehender Formen, denn die Verhältnisse der Tiefsee, in der sie heute leben, sind für beide ja ganz gleich. Nun können wir mit Bestimmtheit annehmen, daß die vielen Arten der Tiefseetiere nicht in den dunklen Tiefen ihre Heimat haben, sondern daß sie aus sonnigeren, lichtfreudigeren Gegenden stammen und sich entweder von den Küsten her oder aus den Oberflächenschichten in die dunkle Tiefe begeben haben. Diese Wanderung ist aber natürlich nicht gleichzeitig begonnen und

vollendet, sondern sie ist ganz allmählich von jeder Form für sich im Laufe der Jahrtausende unternommen worden und dauert noch heute fort. So scheint es uns eher erklärlich, daß sich solche Unterschiede zeigen; je mehr die Sehwerkzeuge der Tiefseetiere vom normalen Typus abweichen, desto ferner liegt die Zeit, wo sie die Wanderung in die Tiefe antraten. Daß die Anpassung manchmal gar nicht so lange Zeit braucht, um sich zu vollziehen, zeigen die Beobachtungen des Franzosen Viré, der die Wasserasseln in der Umgebung von Paris untersuchte. Bei den in den Bächen lebenden Tieren sind die Augen schwarz und gut entwickelt; bei den in der Pariser Wasserleitung hausenden sind sie nur noch rötlich und schon kleiner, in den Katakomben wohnende haben an Stelle der Augen nur kleine rote Punkte, und bei einer ganz nahe verwandten Form, die in Höhlen lebt, ist überhaupt keine Spur des Auges mehr vorhanden. Zugleich konnte Viré feststellen, daß die Tiere einen gewissen Ersatz für die sich zurückbildenden Augen erhielten in Gestalt von besser ausgebildeten Geruchsorganen, die an ihren Fühlern sich befinden. Die oben angeführten Erklärungen werden natürlich nur ganz im allgemeinen Geltung beanspruchen können, jedenfalls wirken auf diese wunderbaren Erscheinungen eine ganze Anzahl anderer verschiedener Faktoren mit ein, die die Tiere veranlaßt haben, sich mehr nach der einen oder der anderen Richtung den bestehenden Verhältnissen anzupassen, und wir dürfen hoffen, daß zukünftige Forschungen uns auch in dieser Beziehung mehr Licht bringen werden.

Was die Färbung der Tiefseetiere anbelangt, so sind durchaus nicht alle farblos, wie man das nach dem Beispiele vieler Höhlenbewohner erwarten sollte. Die Fische sind meist weiß oder eintönig silbergrau oder tief sammetschwarz, auch auf der Unterseite, und diese schwarze Farbe erstreckt sich oft bis tief in den zahnbesetzten Schlund hinein. Hierüber sagt Marshall: „Man sollte erwarten, daß die Meerzahl der Tiefseefische, als dem Lichte entzogen, wie solche Tiere, die Höhlungen in der Erde, in Tieren oder Pflanzen bewohnen, von einer indifferenten Färbung, schmutzig weiß, gelblich, bräunlich oder, wenn besonders klein entwickelt, mehr oder weniger durchscheinend wäre. Das sind manche auch in der That, aber doch nur ca. 12% der ihrer Färbung nach bekannten Tiefseefische. Nun könnte man auf die Idee kommen, daß die meisten, aus

früher entwickelten Gründen, in komplementärer Farbe zu dem vorhandenen grünlich leuchtenden organischen Dämmerlichte rot wären, — auch diese Farbe ist vertreten, aber nur bei ca. 3,5 %. Ungefähr 4 % zeigen Silberglanz, und ein bekannter Tiefseefisch ist violett. Die meisten indessen (gegen 63 %) sind dunkelbraun bis tiefschwarz, bisweilen mit helleren Flossen." Interessante Mitteilungen hat der amerikanische Zoologe Verrill über die Einwirkung der Dunkelheit auf die Farben der Fische gemacht, die er zur Nachtzeit beobachtete. Sie zeigte sich vor allem in einer Vertiefung der Grundfarbe, von Streifen und Flecken. Besonders empfindlich erwies sich die gemeine Goldbrasse (Stenotomus chrysops), deren gewöhnlich silberglänzendes Schuppenkleid bei Nacht tief bronzefarbig wurde und eine Anzahl schwarze Querstreifen erhielt. Diese und andere Versuche zeigen, wie sehr die Färbung der Fische von dem Licht der Umgebung abhängig ist. Weiß und durchsichtig sind viele zum Teil auch blinde Tiefseekrebse (Polycheles, Willemoesia, Ethusa, Pentacheles); andere dagegen zeigen auffallend karminrote Färbung (Aristeus), und alle möglichen Farbenübergänge sind vorhanden.

Wie bei vielen Blinden bekanntlich das erloschene Augenlicht durch ein sehr fein ausgebildetes Gefühl teilweise ersetzt wird, so ist das auch bei vielen, auch gut sehenden Tiefseeformen der Fall. So finden wir bei vielen Krebsen außerordentlich lange Fühler und Gliedmaßen auftreten, und wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir annehmen, daß diese Tiere mit den langen Fortsätzen ihre dunkle Umgebung prüfend untersuchen. Derartige verlängerte Gliedmaßen und dazu noch ein paar Scheren, die mehr als dreimal die Länge des Rumpfes übertreffen, zeigt Pachygaster formosus. Die Krabbenspinnen der Tiefsee bestehen, wie ihr anderer Gattungsname (Pantopoden) sagt, thatsächlich fast nur aus Beinen. Bei Colossendeis arcuata aus 1470 m Tiefe sind die Gangwerkzeuge, auf denen das wunderbare Tier auf dem Meeresgrunde einherstelzt, schon fast dreimal so lang als der Körper; bei seinem Verwandten von der westamerikanischen Küste aus 900—2700 m Tiefe aber trägt der nur wenige Millimeter lange Rumpf fast 30 cm lange Beine. Da der Magen dieses stockdünnen wandelnden Gerippes in dem kleinen Rumpf nicht genügend Platz hat, setzen sich seine Fortsätze als Blinddärme in jedes der acht Beine fort, so daß das Tier, wie ein Autor sagt, „seinen Magen in den Hosentaschen trägt".

Auch manche Tiefseefische besitzen feinempfindliche Tastwerkzeuge in Gestalt von Fühlfäden; bei Eustomias obscurus (Fig. 28) sind sie von ein Drittel der Körperlänge und endigen in quastenförmig angeordnete Fühlwärzchen, bei Stomias boa (Fig. 28) sind sie ähnlich gebaut, nur kleiner, bei Bathypterois longipes dagegen fast von Körperlänge und am Ende gegabelt. Bei dem im Schlamm sich vergrabenden Melanocetus (Fig. 28) scheint der Kopfanhang als Lockmittel für vorüberziehende Beutetiere zu dienen. Derartige lange Körperfortsätze konnten naturgemäß nur solchen Tieren von Nutzen sein, die in einer so ruhigen Umgebung leben, wie sie die Tiefsee bietet; in bewegtem Wasser würden solche Fühlfäden sich bald verwickeln und ihren Besitzern eher Schaden als Vorteil bringen.

Ganz anderer Einrichtungen bedürfen die pelagisch lebenden Tiere des Meeres. Organe, die ihnen eine Bewegung in wagerechter Richtung ermöglichen, können ihnen bei der schrankenlosen Ausdehnung ihres Elementes nicht von besonderem Nutzen sein und fehlen deshalb sehr oft, oder ihre Muskulatur ist zurück gegangen. Nur bei den nahe der Oberfläche lebenden finden sich bisweilen segelartige Einrichtungen, die eine passive Fortbewegung durch den Wind ermöglichen. Dagegen sind oft die Mittel zu einer senkrechten Bewegung, zum Auf- und Niedersteigen, vorhanden, und bei vielen Tieren, die nur nachts an die Oberfläche kommen, sind die Augen verkümmert oder fehlen ganz. Alle Kräfte sind in erster Linie auf den Nahrungserwerb konzentriert, und dieser Zweck wird um so leichter erreicht werden, je weniger Kraftaufwand der Aufenthalt in dem flüssigen und leicht beweglichen Element erfordert, je besser die Tiere sich dem Schweben im Wasser angepaßt haben.

Auf höchst mannigfache Art und Weise haben die Angehörigen der pelagischen Tierwelt dieses Ziel erreicht. Alle derartigen Einrichtungen laufen auf das Bestreben hinaus zu schweben, das spezifische Gewicht des Körpers möglichst dem des Wassers gleich zu machen. Sehr häufig ist die Aufnahme von Wasser; die Tiere werden gewissermaßen „wassersüchtig". So sind z. B. viele Medusen (Fig. 33) von einer so breiartigen Beschaffenheit, daß sie, mit der Hand aus dem Meer gefischt, durch die Finger laufen und, an der Luft getrocknet, nur ein silberglänzendes Häutchen zurücklassen. Nach Vernon beträgt die feste Substanz beim Venusgürtel (Cestus veneris)

und bei Salpa primata nur 0,24 und 0,26 %; bei anderen durchsichtigen pelagischen Tieren 0,4 bis 0,6 %.

Eine derartige gallertartige Körpersubstanz findet man ganz allgemein bei Radiolarien (Fig. 38, 39), Medusen (Fig. 33), Rippenquallen, Flossen- und Kielfüßern und vielen Larven. Dabei wird das ganze Tier oft glasartig durchsichtig;

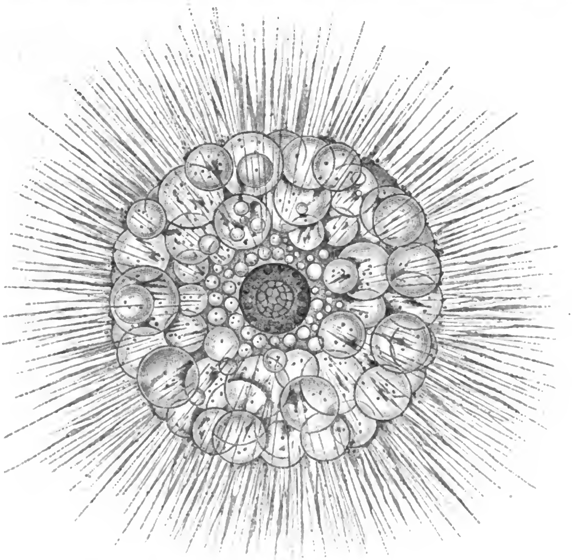


Fig. 38. **Thalassicolla pelagica.**

insbesondere gilt das von dem prachtvollen Calocalamus pavo (Fig. 40), einem kleinen Ruderfüßer aus dem Mittelmeer, in dessen glashellem Körper man alle Organe sehen kann, sowie von der Copilia vitrea, deren orangefarbener Darm sich wirkungsvoll von der glasartig durchsichtigen Leibesmasse abhebt.

Die Fähigkeit zu steigen und zu fallen wird bei niederen Tieren durch das Auftreten von Hohlräumen und Luftbläschen erzeugt, wobei man unwillkürlich an die hohlen Knochen und Luftsäcke der Vögel denken muß. Ganz allgemein treten solche Alveolen bei den Radiolarien (Fig. 38) auf, die auch deshalb

besonders interessant sind, daß sich in ihrem Innern oftmals grünlichgelbe Algenzellen (Zooxanthellen) finden. Dieses Zusammenleben (Symbiose) zweier so verschiedenartiger Organismen ist beiden Teilen offenbar von Vorteil; der tierische Körper liefert den Pflanzenzellen die nötigen mineralischen Stoffe und vor allem Kohlensäure, während letztere ihrem Wirte organische Substanz und Sauerstoff im Austausch abgeben.

Mittel zur Bewegung in senkrechter Richtung weisen die Kolonien der Röhrenquallen oder Schwimmpolypen (Siphonophoren, Fig. 34) auf, jene merkwürdigen Schaustücke der Natur, bei denen die Arbeitsteilung innerhalb des ganzen Stockes soweit durchgeführt ist, daß jedes Einzeltier eine ganz bestimmte Funktion und nur diese auszuführen hat. Bei den baumförmigen Stöcken der Physophoren befindet sich zu oberst ein zu einer Luftblase umgewandelter Polyp; ein Zusammendrücken oder Erweitern des Luftsackes bewirkt ein Fallen oder Steigen nach Art des kartesianischen Teufelchens; dann folgen eine Anzahl Schwimmpolypen, durch deren rhythmische Zusammenziehungen das Wasser herausgestoßen und dadurch eine langsame Ortsveränderung erzielt wird. Damit noch nicht genug; einzelne Polypen ohne Mundöffnung sind zu bloßen Tastern geworden, von denen lange Fäden mit jenen den Hohltieren eigentümlichen Nesselzellen herabhängen; wieder andere sind zu bloßen Deckstücken reduziert, unter denen sich zu fruchtbaren Medusen umgewandelte Polypen befinden, und endlich finden wir solche, die eine Mundöffnung besitzen und für die Ernährung des ganzen Stammes sorgen. Sehr groß, einem Ballon aus feinster Seide vergleichbar, wird der Luftsack bei Physalia caravella u. a.; bei Porpita sitzt die ganze Kolonie mit nach unten gerichteten Polypen auf einer kreisrunden, Lufträume einschließenden Scheibe, bei Velella ist letztere eiförmig und trägt einen aufrechten Kamm, der als Segel benutzt wird. Alle diese und andere Hohltiere (Aglantha, Beroë), ferner Salpen u. a. bilden manchmal große Schwärme, durch die das Schiff tagelang hindurchfährt. Ihr Auftreten scheint aufs engste mit den Windrichtungen und Meeresströmungen zusammen zu hängen, und besonders die rascher fließenden Ströme des Südens, der Südguinea- und der Südäquatorialstrom, zeigen oft ein Bild, wie es uns der alte Schleiden mit beredten Worten schildert. „Die immer geselligen Medusen kommen in

großer Zahl an die Oberfläche des Meeres, um munter im Sonnenschein zu spielen, — denn nur dann erscheinen sie, bei Regen, Sturm und Gewitter bleiben sie in den ruhigen Tiefen des Meeres. Bald als Glocken, bald als Pilze, bald ei-, bald kugelförmig, glashell, im Wasser kaum zu erkennen, oder als Gestalten von Milchglas in allen Farbentönen glänzend, tummeln sich diese graziösen, leichtbeweglichen Gestalten auf der Grenze zwischen Ozean und Atmosphäre umher. Bald gleiten sie mit leichten, taktmäßigen, aber unhörbaren Glockenschwingungen an der Oberfläche dahin, bald hüpfen sie mit kräftigem Zusammenziehen der Scheibe mutwillig hoch aus dem heimischen Elemente hervor. Tändelnd im lieblichen Spiel der Fangarme, scheinen sie doch nichts damit zu fangen oder fangen zu wollen. Scheibe an Scheibe gedrängt, und offenbar durch ihr Zusammeneilen in bestimmter Richtung durch die Gesellschaft bestimmt, scheint doch nichts ihnen eine bestimmte Kenntnis fremder Individualitäten zuzuführen. Plump und sorglos stoßen sie in ihren Zügen aneinander und ändern dann ihre Richtung, so daß man an nichts als mechanische Beziehungen, am wenigsten an Sinnesorgane und Augen denken kann."

Auch Fett- und Öltröpfchen können, ebenso wie bei den Diatomeen, bei vielen niederen Tieren zur Erleichterung des Schwebens dienen, hauptsächlich zwar bei den einzelligen, aber auch bei Muschel-, Ruder- und Flohkrebsen und vielen Larven. Es ist, wie wir sahen, wahrscheinlich, daß bei manchen Phosphorescenzerscheinungen der Meerestiere diese Stoffe eine Rolle spielen.

Ganz allgemein verbreitet ist als Schwebemittel die Oberflächenvergößerung des Körpers, sowohl bei Foraminiferen (Fig. 9) und Radiolarien (Fig. 39), als auch bei manchen Larven der Stachelhäuter, den Flügelschnecken und anderen Tieren, vor allem aber bei den Krebsen. Die zu papierdünnen Platten umgewandelten Körper der Phyllosomen, der Larven von Panzerkrebsen, die man früher als besondere Arten beschrieb, die blattförmigen Scheiben der Sapphirinen, die wie ein langer Glasfaden im Wasser schwebenden Rhabdosomen gehören ebenso hierhin, wie die früher erwähnte floßbauende Veilchenschnecke (Janthina). Überall zeigt sich das Bestreben, die Oberfläche des Körpers zu vergrößern. Auch bei Tiefseekrebsen tritt das zum Teil hervor, und die riesig

langen und dünnen Fühler und Beine des Nematocarcinus gracilipes und seiner Verwandten deuten darauf hin, daß das Tier wohl weniger auf dem Grunde als in den Wasserschichten darüber pelagisch anzutreffen ist. Interessante und reizende Formen sind auch die vor einigen Jahren durch die Unter-

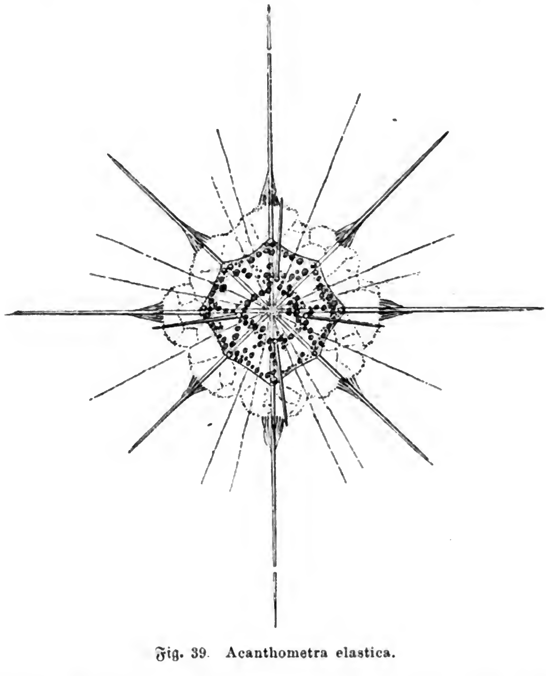


Fig. 39. Acanthometra elastica.

suchungen Giesebrechts näher bekannt gewordenen Ruderfüßer (Copepoden) aus dem Mittelmeer, bemerkenswert vor allem dadurch, daß einige von ihnen gleich den fliegenden Fischen eine freilich nur sekundenlange Luftreise unternehmen können. Bei der Betrachtung der Tierchen denkt man unwillkürlich an die zahlreichen Schwebe- und Flugeinrichtungen bei den Pflanzensamen. So hat Calocalamus pavo (Fig. 40) Antennen am

Kopfe, die doppelt so lang sind als das ganze Tier und ihm als Balancierstange im Wasser dienen; am Ende des Körpers befinden sich aber fächerförmig, wie ein Pfauenschweif ausgebreitet, acht goldig glänzende Federchen, denen es seinen Beinamen verdankt; sein Vetter (C. plumulosus, Fig. 41) trägt ähnliche Schwebeapparate vorn und am Ende des Körpers, wo letzterer außerdem in einen aus den feinsten Fiederchen gebildeten Anhang ausläuft, der sechsmal so lang ist wie der Körper. Bei der glashellen Copilia virea endigen die vier

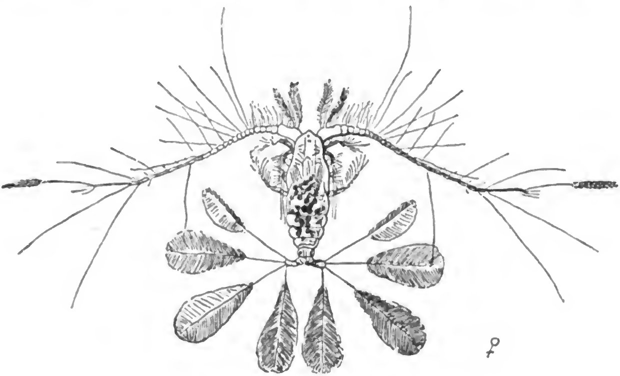


Fig. 40. Calocalamus pavo.

Beinpaare in feine Federbürstchen, bei der lichtblauen Pontellina plumata erleichtern lange Härchen und zehn Fiederchen am Ende des Körpers das Schweben.

Die Farbe der pelagisch lebenden Tiere hängt aufs engste mit den genannten Anpassungserscheinungen zusammen, und wir haben schon wiederholt davon sprechen müssen. Nach Blau sind Rot und Gelb die häufigsten Farben. Rein blau oder farblos sind die der Oberfläche nahe lebenden Formen (Velella, Physalia, Sapphirina); farblos sind auch einige Fische und Fischlarven (Leptocephalus). Tiefer lebende Krebse sind oft hochrot gefärbt. Eine Schnecke (Glaucus) zeigt eine blaue Färbung mit weißen Flecken, so daß sie vom Schaum der Wellen kaum zu unterscheiden ist. Zwischen den einzelnen Farben finden sich, oft an demselben Tiere, zahlreiche Übergänge.

Besonders zeigen dieses Schauspiel die Juwelen des Meeres, die zarten Quallen. Den Eindruck, den Lesson von der Physalia caravella hatte, beschreibt er mit folgenden Worten:

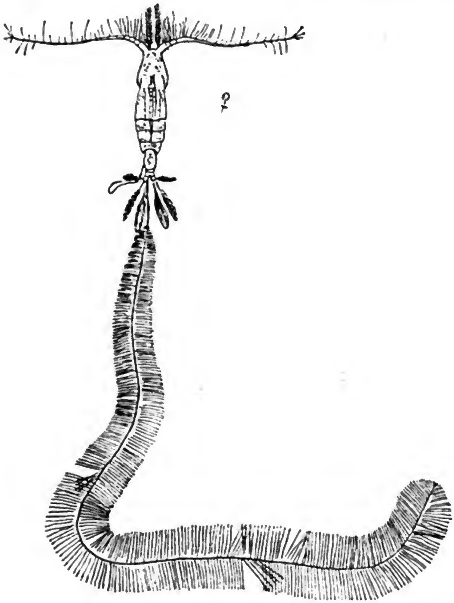


Fig. 41. Calocalamus plumulosus.

„Sie zieht dahin, geschmückt mit dem herrlichsten Farbenspiel. Die Blase und ihre Krause, mit Luft gefüllt, erscheinen im perlmutterartig glänzenden Silber, dem sich harmonisch die Farbentöne Blau, Violett und Purpur anschmiegen. Ein lebhaftes Karminrot färbt die Aufbauschungen des Randes der Krause und das zarteste Ultramarin spielt auf den einzelnen Fühlfäden."

Schluß.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf den zurückgelegten Weg. Kaum fünf Jahrzehnte liegen zwischen heute und den Zeiten, als die Wissenschaft zum erstenmale mit Ernst daran ging, die unbekannten Tiefen der Ozeane in den Kreis ihrer Bestrebungen zu ziehen. In Anbetracht dieser kurzen Spanne Zeit darf sie mit berechtigtem Stolz auf das Errungene zurücksehen. Wie vieles ist seit jenem Tage, da das erste Wort, geleitet vom Telegraphenkabel, blitzschnell die Tiefen des Atlantik durcheilte, erreicht worden; wie vieles aber bleibt noch zu thun übrig! Trotz der Tausende von Lotungen und Netzzügen, die in den letzten Dezennien unseres Jahrhunderts der Erfindungen ausgeführt wurden, ist unser heutiges Wissen in vieler Beziehung noch äußerst lückenhaft. Noch recht weit sind wir von einer vollständigen Erkenntnis der Natur der verschiedenen Strömungen im Meere entfernt, besonders der kalten Bodenströme, von ihren Wechselbeziehungen zu einander, ihrer senkrechten und horizontalen Ausbreitung; das Relief des Meeresbodens unter dem großen Ozean ist uns noch fast ganz unbekannt, und von den Sedimenten der Tiefsee können wir uns nur von den oberflächlichen Schichten des Bodens ein auch noch recht unvollständiges Bild machen. Ebenso unvollkommen ist unsere Kenntnis von den mannigfaltigen und ineinander greifenden Gesetzen, nach denen die Erscheinung der Gezeiten verläuft, sowie von den Hebungen und Senkungen des Meeresspiegels und vielen anderen wichtigen Punkten. Was die Organismen der Ozeane anbelangt, so harren eine ganze Reihe schwer wiegender biologischer Probleme heute noch der Lösung. Lautete früher die Frage: wo in der Tiefe liegt die Grenze organischen Lebens? so heißt sie heute: giebt es überhaupt eine solche Grenze im Meer? Noch wissen wir wenig über ihre Wanderungen, über die Verwandtschaftsbeziehungen der arktischen und antarktischen Fauna, und die Frage der Herkunft der Meerbewohner ist trotz scharfsinniger Hypothesen noch immer in tiefes Dunkel gehüllt. An diese Frage reihen sich viele, viele andere, die wir bei unseren Betrachtungen kaum berühren durften.

Wir dürfen nicht vergessen, daß nicht allein wissenschaftliche Neugierde durch die Meeresforschung ihre gewiß berechtigte Befriedigung sucht, sondern daß durch sie auch eine ganze Reihe eminent wichtiger praktischer Gesichtspunkte eine früher ungeahnte Förderung erhalten hat. In erster Linie hat natürlich die Seeschiffahrt aus diesen Arbeiten ihren Nutzen gezogen, und unsere großen Schnelldampfer durcheilen heute die weiten Wasserwüsten mit einer Sicherheit und Pünktlichkeit, die ans Wunderbare grenzt. Weiterhin ist die Seefischerei zu nennen, die erst nach einem genauen Studium der großen Wanderzüge der Fische und ihrer Lebensgewohnheiten ihre heutige Höhe gewinnen konnte und noch längst nicht den höchsten Punkt ihrer Entwicklung erreicht hat; erst wenn wir eine eingehende Kenntnis von den Lebensgewohnheiten der Fische, ihrer Nahrung, ihrer Laichzeit und anderer wichtiger biologischer, heute noch ruhender Fragen erlangt haben werden, wird es möglich sein, eine systematische Ausbeutung der reichen Meeresgründe ins Werk zu setzen und der Raubfischerei, die heute schon zu mancher ernsten Besorgnis Anlaß giebt, ein Ende zu machen. Aber wir alle stehen auch auf dem Festlande im Banne des Meeres; beruht doch die wichtige Vorhersage des Wetters meist auf Vorgängen, die sich fern von uns draußen auf den weiten Flächen des Meeres abspielen, und steht doch unser ganzes Klima im engsten Zusammenhang mit dem wärmenden Mantel, den der Golfstrom um ganz West- und Nordeuropa schlägt. Erst jetzt geht man daran, die gewaltige Kraft des Meeres, die in der Erscheinung der Gezeiten liegt, auszunutzen, und in seinem Schoße ruhen unendliche mineralische Schätze, an deren Hebung der Mensch eben erst überhaupt zu denken beginnt.

Die verschiedensten Zweige der Naturwissenschaften reichen sich bei der Erforschung der Meere die Hände; jeder kleine Erfolg bedeutet eine Stufe weiter auf der langen Leiter der Naturerkenntnis, jeder schneidet zugleich neue Fragen an. Möge unser deutsches Volk auch in Zukunft sein redlich Scherflein zu dieser gemeinsamen Arbeit der Völker beitragen, möge der weitsehende Blick unseres Kaisers ihm auch im neuen Jahrhundert fördernd stets zur Seite stehen!

Sachverzeichnis.

Verzeichnis der Abbildungen.

Das Eisenhüttenwesen erläutert in acht Vorträgen von Prof. Dr. H. Wedding. Mit 12 Figuren im Text. Geh. M. 1.—, geschmackvoll geb. M. 1.25.

Das Eisen ist das unentbehrlichste Metall, ohne dessen Gebrauch das gegenwärtige Leben gebildeter Völker nicht zu denken ist. Wie von jedem gebildeten Menschen erwartet werden darf, daß er weiß, auf welche Weise Brot hergestellt wird, so sollte auch von jedem eine wenigstens allgemeine Kenntnis der Vorgänge vorausgesetzt werden dürfen, vermittelst derer Eisen erzeugt und in seine Gebrauchsformen gebracht wird. Das ist der Gegenstand der Eisenhüttenkunde. In den vorliegenden acht Vorträgen wird das Eisenhüttenwesen in gemeinfaßlicher Weise von einem der bedeutendsten Fachmänner erörtert.

Die ständischen und sozialen Kämpfe in der römischen Republik. Von Leo Bloch. Geh. M. 1.—, geschmackv. geb. M. 1.25.

Es giebt schwerlich einen gleich interessanten und gleich bedeutungsvollen Vorgang in der Weltgeschichte wie die Entwicklung der römischen Weltmacht. Die sozialen Erscheinungen, die inneren Kämpfe der Stände, unter denen sich die Entwicklung vollzieht und die in erster Linie agrarischen Charakter tragen, haben aber für uns heute besonderes Interesse, und so ist eine — von allem philologischen Detail absehende gemeinverständliche Darstellung dieser Kämpfe wohlberechtigt, wie sie das vorliegende Bändchen giebt.

Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen. Von Ingenieur Richard Vater. Mit zahlreichen Abbildungen. Geh. M. 1.—, geschmackv. geb. M. 1.25.

Das Verständnis der immer wichtiger werdenden neueren Wärmekraftmaschinen, das heißt der Gas-, Petroleum- und Benzinmaschinen, will dies Bändchen einem weiteren Kreise zugänglich machen, sowohl dem Nichtfachmanne, wie demjenigen, der mit geringerer Vorbildung in engere oder losere Berührung mit den Maschinen gelangte, Interesse und Verständnis für die Sache erwecken. Der Zweck des Bändchens ist somit nicht ein rein technischer, sondern zugleich ein allgemein bildender. Nach einer Gegenüberstellung der älteren und neueren Wärmekraftmaschinen wird zunächst die Gasmaschine behandelt, dann die Petroleum- und Benzinmaschinen; zum Schlusse wird auf die neueste Wärmekraftmaschine, auf die Maschine von Diesel, etwas näher eingegangen

Das Licht und die Farben. Sechs Vorträge, gehalten im Volkshochschulverein München. Von Professor Dr. L. Graetz. Mit 113 Abbildungen. Geh. M. 1.—, geschmackvoll geb. M. 1.25.

Die Vorträge gehen von den im Druck durch die Abbildungen ersetzten wichtigsten optischen Erscheinungen aus, aus denen sie die Gesetze des Lichtes herauszuziehen und dadurch, schrittweise vom Einfacheren zum Komplizierteren fortschreitend, immer tiefer in das Wesen des Lichtes einzudringen suchen. Ausgehend zunächst von den einfachsten Erscheinungen der scheinbar geradlinigen Ausbreitung, Zurückwerfung und Brechung des Lichtes wird dann das Wesen der Farben behandelt. Die Frage nach der Natur der Seifenblasenfarben leitet zur Einführung in die Wellennatur des Lichtes. Danach wendet sich die Darstellung der Photographie zu. Die letzte Vorlesung endlich macht die Einsichten in die Natur des Lichtes präziser, indem sie das Licht als eine spezielle elektrische Erscheinung anschließt an das große Gebiet der Elektrizität.

Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. J. Scheiner. Mit zahlreichen Abbildungen. Geh. *M.* 1.—, geschmackv. geb. *M.* 1.25.

Dieses Bändchen beabsichtigt, in allgemeinverständlicher Darstellung in das Hauptproblem der Astronomie, das auf lebhaftestes Interesse bei einem jeden Menschen rechnen darf, die Erkenntnis des Weltalls, einzuführen. Das erste Kapitel ist der Aufgabe gewidmet, den Leser an die wirklichen Verhältnisse von Raum und Zeit im Weltall zu gewöhnen, ihm hierüber eine klare Anschauung zu ermöglichen, die unbedingt zum Verständnis des Ganzen erforderlich ist. Das zweite Kapitel lehrt, wie das Weltall von der Erde aus erscheint; die drei folgenden Kapitel sind dem inneren Bau des Weltalls gewidmet, d. h. in ihnen ist die Struktur der selbständigen Himmelskörper mit Hilfe der Spektralanalyse auseinandergesetzt. Das letzte Kapitel giebt als Schlußstein eine Lösung der Frage über die äußere Konstitution der Fixsternwelt.

Die Metalle. Von Prof. Dr. K. Scheid. Reich illustriert. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Das Bändchen will, ohne daß irgend welche Kenntnisse der Chemie und Gesteinkunde vorausgesetzt werden, eine Erklärung geben, wie die Metalle in der Erde sich als Erze abgelagert haben mögen und wie die Erze sich in das reine Metall umwandeln lassen; wie die Metalle auf den Hüttenwerken dargestellt werden, ist unter Beigabe von Abbildungen erklärt. In den letzten Abschnitten werden sodann die Metalle hinsichtlich ihrer Eigenschaften verglichen und das Allgemeine über Darstellung und Verarbeitung zusammenfassend erklärt.

Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. Janson. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Gerade jetzt, zu einer Zeit, wo unser deutsches Volk seine Blicke weit hinaus in die Ferne richtet, erschien eine den Absichten der Sammlung entsprechend im engsten Rahmen gehaltene Zusammenfassung der hauptsächlichen Erfolge und der zunächst ins Auge genommenen Ziele der modernen systematischen Meeresuntersuchung. — Einer kurzen Darstellung der Entwicklungsgeschichte der modernen Meeresforschung und ihrer Ziele folgt eine Betrachtung der Verteilung von Wasser und Land auf der Erde, der Tiefen des Meeres, der Erhebungen seines Bodens und der ihn bedeckenden Ablagerungen. Daran schließt sich eine Behandlung der physikalischen und chemischen Verhältnisse des Meerwassers an. Den Schluß bildet eine kurze Beschreibung der wichtigsten Organismen des Meeres, der Pflanzen und Tiere, der Werkzeuge und Methoden ihres Fanges und ihrer Anpassungserscheinungen an die so eigenartigen Lebensverhältnisse der Ozeane.

Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. E. Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel, Badearzt in Gräfenberg. Geh. *M.* 1.—, geschmackv. geb. *M.* 1.25.

Die Abhandlung bezweckt, in den Inhalt des ärztlichen Wissens und Könnens von einem allgemeineren Standpunkte aus einzuführen. Sie behandelt die geschichtliche Entwicklung der medizinischen Grundbegriffe, die Leistungsfähigkeit und die Fortschritte der modernen Heilkunst, die Beziehungen zwischen der Diagnose und der Behandlung der Krankheit, sowie die Grenzen der modernen Diagnostik in allgemein verständlicher Weise. Eine ausführliche Besprechung erfährt insbesondere auch das kulturgeschichtlich so interessante medizinische Sektenwesen (Homöopathie, Volksmedizin u. Naturheilkunde u. s. w.)

Das Zeitalter der Entdeckungen. Von P…
München. Mit einer Weltkarte. Geh…
geb. *M.* 1.25.

Wenig Zeitalter dürfen heute, wo kühne … nahme und Bewunderung immer aufs neue erw… Anteil an der Nutzbarmachung neuer Entdeckungen nehmen, wohl in … Kreisen auf so lebhaftes Interesse rechnen, wie das Entdeckungszeitalter. … einer Übersicht über den geographischen Wissensstand des A… tums und Mittelalters ausgehend, behandelt der Verfasser dann … Entdeckungszeitalter im engeren Sinne, von dem Auftreten Heinrichs … Seefahrers, des ersten zielbewußten Organisators der Entdeckungsa… bis zu den Bestrebungen der germanischen Völker, um Asien oder Amerika herum einen neuen Seeweg nach Indien zu finden; die Auffindung des Weges um das Kap der guten Hoffnung und die Begründung der portugiesischen Kolonialherrschaft in Asien, sodann die Fahrten des Columbus, die Erdumsegelung von Magalhaës, die Entdeckungen und Eroberungen der Spanier in Süd-, Mittel- und Nordamerika und endlich das Hervortreten der französischen, britischen und holländischen Seefahr…

Schöpfu… …spektor
C… …chmack-
vol…

… Töne und Farben überall verwertet er ma… …sten Ergebnisse der Wissenschaft.

Weitere B… …ereitung.